

水産総合研究センター 研究報告

17

平成18年7月

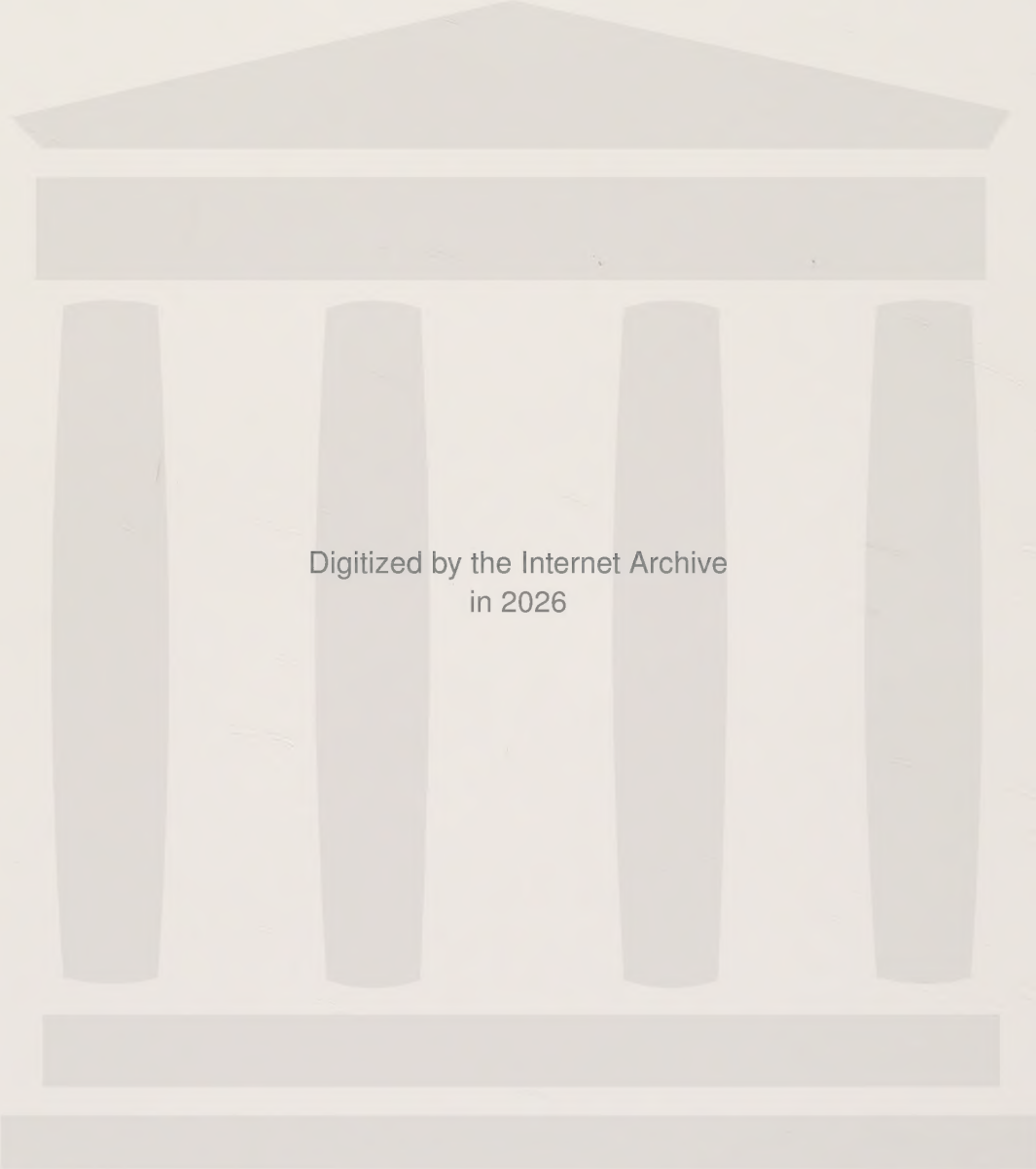
BULLETIN OF FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. 17
July 2006

Library
Pacific Islands Fisheries Science Center
Nat'l Marine Fisheries Service
2570 Dole St. Honolulu, HI 96822-2396
Received 9 May 2007



独立行政法人 水産総合研究センター
神奈川県横浜市
FISHERIES RESEARCH AGENCY
Yokohama, Kanagawa, Japan



Digitized by the Internet Archive
in 2026

水産総合研究センター研究報告

第17号

平成18年7月

目 次

(報 文)

足摺岬周辺海域および伊豆諸島海域で実施した標識放流調査によるゴマサバの移動・回遊 梨田一也・本多 仁・阪地英男・三谷卓美・平井一行・上原伸二	1
マクロベントス（イソゴカイとシズクガイ）がアレキサンドリウムシストの鉛直分布と 発芽に及ぼす影響 辻野 睦	17
水産業活力指標の構築と本指標を用いた我が国水産業の動向分析および地域活性化方策の検討 玉置泰司・大谷 誠	23
五ヶ所湾マダイおよびアコヤガイ養殖場におけるプランクトン群集構造の季節遷移 平川和正・坂見知子・阿保勝之・高柳和史・谷村 篤	37
三宅島火山灰がフクトコブシの行動と生残に及ぼす影響の飼育実験による評価 青野英明・丹羽健太郎・堀井豊充・黒木洋明	57

(短 報)

西部太平洋におけるウルメイワシ卵の発生過程（英文） 上原伸二・三谷卓美	63
--	----

(技術報告)

深海生物採集用大型桁網（Beni-Zuwail号）の開発 廣瀬太郎・養松郁子・白井 滋・南 卓志・丹生孝道	69
浮延縄漁業で利用可能なサークルフック（ねむり釣針）の形状比較に向けた 測定部位に関する検討 横田耕介・南 浩史・清田雅史	83

(和文要旨)	103
--------------	-----

足摺岬周辺海域及び伊豆諸島海域で実施した標識放流調査による ゴマサバの移動・回遊

梨田一也^{*1}・本多 仁^{*2}・阪地英男^{*1}・三谷卓美^{*3}・平井一行^{*4}・上原伸二^{*5}

Migration of spotted mackerel *Scomber australasicus* estimated from a tagging experiment off Ashizuri Cape and around the Izu Islands, central and southern Pacific coast of Japan

Kazuya NASHIDA^{*1}, Hitoshi HONDA^{*2}, Hideo SAKAJI^{*1}, Takumi MITANI^{*3},
Kazuyuki HIRAI^{*4}, and Shinji UEHARA^{*5}

Abstract To examine the migration of spotted mackerel *Scomber australasicus* in the waters of the Pacific Ocean around Japan, 9,268 individuals were tagged with normal spaghetti anchor tag and released in the waters around Ashizuri Cape and the Izu Islands from February 1999 to November 2003. A total of 83 fish were recaptured until May 2005, and the total recapture rate is 0.9%. Of these, 68 (81.9%) fish were recaptured in the waters adjacent to the release sites. Two fish were recaptured in the waters of Kumano-nada and three fish off the Sanriku coast. These results suggest that the spotted mackerel migrated eastward and northward over a long distance in a relatively short period in the feeding season. Two fish released in the Enshu-nada were recaptured off Ashizuri Cape after a period up to 2 years (one in main spawning season). Five fish were recaptured in the adjacent waters of the release sites after more than one year in the present study. Based on these results we suggest that the spotted mackerel migrates eastward and northward for feeding and returns to the wintering or spawning grounds in successive years, or remain in the same area for more than one year after release.

Key words: spotted mackerel, normal tag, release experiment, migration

ゴマサバは同属のマサバに比べると南方性かつ沖合性で、主要な産卵場は東シナ海にあり、薩南海域から四国太平洋沿岸海域、さらに伊豆諸島周辺海域にも産卵場があることが知られている（三谷ら2002）。黒潮続流域の中層トロールによる幼魚調査の結果によれ

ば、ゴマサバ幼魚が東経170度付近まで分布すること、さらに親潮水域にも幼魚が分布していることが明らかになっている（渡邊ら1999, Savinykh *et al.* 2004）。日本周辺海域における本種の移動・回遊に関する知見は、主に東シナ海から日本海にかけて1950年代に標識

2006年2月6日受理 (Received on February, 6, 2006)

^{*1} 中央水産研究所高知黒潮研究拠点 〒780-8010 高知市桟橋通6-1-21 (National Research Institute of Fisheries Science, Kochi Kuroshio Research Laboratory, 6-1-21 Sanbashi-dori, Kochi, 780-8010, Japan)

^{*2} 水産総合研究センター本部 〒220-6115 横浜西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワー B15階 (Fisheries Research Agency, Headquarters, Queen's Tower B 15F, 2-3-3 Minato-mirai, Nishi-ku, Yokohama, 220-6115, Japan)

^{*3} 中央水産研究所 〒236-8648 横浜市中区磯子区福浦2-12-4 (National Research Institute of Fisheries Science, 2-12-4 Fuku-ura, Kanazawa-ku, Yokohama, 236-8648, Japan)

^{*4} 静岡県農業水産部 〒420-8601 静岡市葵区追手町9-6 (Division of Agriculture and Fisheries of Shizuoka Prefecture, Ote-machi 9-6, Aoi-ku, Shizuoka, 420-8601, Japan)

^{*5} 東北水産研究所 〒985-0001 塩竈市新浜町3-27-5 (Tohoku National Fisheries Research Institute, 3-27-5 Shinhamacho, Shioyama, 985-0001, Japan)

放流調査により得られてはいるが、ゴマサバの長距離の移動・回遊に関する知見はほとんどない(牟田ら1958)。長谷川ら(1991)はマサバの移動・回遊を調べ、日本海北部で越冬するマサバは、主に日本海西部から九州西部海域で越冬し、この間を季節的に回遊すること、また、太平洋側への移動も確認されたことから、日本海側と太平洋側のマサバは九州南部海域を通じて交流があるとしている。水産庁の委託事業「我が国周辺水域漁業資源調査」では、北海道から宮崎県にわたる太平洋側海域におけるゴマサバをゴマサバ太平洋系群として資源評価を行っている。しかし、ゴマサバ太平洋系群の移動・回遊に関する情報は、近年、一都三県(千葉県、東京都、神奈川県及び静岡県)により共同調査が精力的に行われているが、伊豆諸島周辺海域内での移動例が中心で、これ以外の海域への移動・回遊に関する知見は少ない(平井1995、神奈川県水産総合研究所ら1998、1999、千葉県水産試験場ら2000、千葉県水産研究センターら2001、2002、2003)。千葉県水産研究センターら(2004)では、伊豆諸島周辺海域で放流した個体が、多くは放流海域周辺で再捕されるものの、一部の個体は、北は宮城県沿岸海域、西は熊野灘北部海域で再捕されたと報告されている。花井(1999)は、伊豆諸島周辺海域で3歳以上のゴマサバの漁獲が極端に少ないことから、主産卵場は他の海域(伊豆諸島域よりも黒潮上流域)にあると推定されている。また、新谷(2001)は、6月頃足摺岬の定置網に入網するゴマサバ幼魚が少なくとも2つの異なる尾叉長モードからなっていることから、東シナ海や薩南から足摺岬周辺に至る海域で発生したものが順次、北上回遊するものと推測している。

本研究では、太平洋側における主要な産卵場と考えられている高知県足摺岬周辺海域及び伊豆諸島周辺海域(遠州灘を含む)(三谷ら2002)において、スパゲティ型アンカー標識を用いた標識放流調査をゴマサバの成長段階別、生活年周期別に行い、これまでに得られた再捕報告を整理して当該海域における移動・回遊の実態及び日本周辺の太平洋側海域における本種の移動・回遊について検討した。併せて、得られた再捕結果からゴマサバ等表層性の小型浮魚類の標識放流調査を行う上での技術的な問題点について検討し、今後の本種の標識放流調査の手法上の改善点について議論した。なお、本研究は、水産庁委託事業「我が国周辺水域漁業資源調査」の一環として行われたものである。

試料と方法

標識放流調査は、1999年2月から2003年11月までの

間に計6放流群(足摺岬周辺海域1999年2・3月放流群、2000年7月放流群、2001年10・11月放流群、伊豆諸島周辺海域1999年6・7月放流群、遠州灘海域2002年11月放流群、2003年11月放流群)にわたって実施した(Table 1)。それぞれの放流群の目的は、以下のとおりである。すなわち、足摺岬放流群の内、1999年2・3月放流群は、太平洋南部で産卵場が確認されている足摺岬沖からの産卵期後の成魚の移動の把握、2000年7月放流群は1歳前後の未成魚の索餌期の移動の把握、2001年10・11月放流群は、産卵期前の成魚の移動の把握である。また、伊豆諸島周辺海域1999年6・7月放流群では、成魚の産卵期後の移動の把握を目的とした。さらに、遠州灘海域2002年11月放流群、2003年11月放流群は、成魚の産卵期前の移動の把握である。

使用した標識は、長さ32mm、チューブ部15mmの黄色スパゲティ型アンカータグで、タグガンにより第1背鰭下部の担鰭骨の間の肉中にアンカー部がとどまるように装着した。また、再捕・報告率の向上を図るために、太平洋側及び九州西岸の各都県の水産関係機関に再捕依頼のポスターを送付した。

標識魚の採集及び放流方法は放流群によってそれぞれ異なった。足摺岬周辺海域1999年2・3月放流群では、立て縄漁船により漁獲されたゴマサバを高知県清水漁業協同組合のコンクリート製の15トン容量の陸上水槽に一旦収容した後、陸上水槽内で個体識別可能な標識を装着し、漁獲当日または翌日に放流用の調査船(第5開洋丸、141トン、1,800馬力、日本海洋株式会社所属)の甲板上に設置した5トン型キャンバス水槽2基及び1トン型角型水槽2基に搬入した。キャンバス水槽については、収容個体数は最大300尾程度とし、酸欠状態を回避するために水槽上部に塩化ビニール製のパイプで屋根状の梁を設置し、この上部から下方へ海水を大量に放水して爆気状態にするとともに、酸素ポンベによるエアレーションを行った。また、角型水槽については、収容個体数は最大50尾程度とし、海水の注入と酸素ポンベによるエアレーションを行いながら放流海域に輸送した。放流は、高知県土佐清水港の近傍及び沖合の海域で行った。放流の際の魚体への網による擦れの防止と衝撃の軽減のために、船上からU字管を海面近くに伸ばし、その中に海水を流しながらゴマサバを投入して放流した。2月に7回、3月に1回の計8回に分けて放流した。放流1回ごとの放流尾数は45尾から518尾で合計1,824尾であった。

伊豆諸島周辺海域1999年6・7月放流群では、たもすくい漁船(岩野清隆丸、69.5トン、340馬力、神奈川県みうら漁業協同組合所属)を用船し、三宅島沿岸海域において、たもすくい漁法により漁獲されたゴマ

Table 1. Details of tagging experiments of spotted mackerel in the coastal waters around Ashizuri Cape and Izu Islands from February, 1999 to November, 2003 (data are summarized until May, 2005).

Release group	Release site	Fishing gear	Date of release	Release point		Surface temperature(°C)	No. of fish released	No. of fish recaptured	Recapture rate(%)
				Latitude(E)	Longitude(N)				
Ashizuri Cape Feb.-Mar., 1999	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	Feb.4, 1999	32° 35.3'	132° 57.8'	no data	518	0	0.0
			Feb.17, 1999	32° 42.3'	132° 57.1'	18.8	180	0	0.0
			Feb.18, 1999	32° 46.2'	132° 55.9'	17.4	134	0	0.0
			Feb.20, 1999	32° 44.3'	132° 55.3'	17.0	97	0	0.0
			Feb.21, 1999	32° 32.6'	132° 58.5'	18.6	199	0	0.0
			Feb.22, 1999	32° 38.9'	132° 57.7'	18.1	150	0	0.0
			Feb.23, 1999	32° 36.6'	133° 03.8'	18.3	45	0	0.0
			Mar.17, 1999	32° 42.5'	132° 57.2'	19.9	501	8	1.6
Subtotal						1,824	8	0.4	
Ashizuri Cape July, 2000	Near Ashizuri Cape	Set net	Jul.26, 2000	32° 48.0'	132° 59.6'	no data	2,800	13	0.5
Ashizuri Cape Oct.-Nov., 2001	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	Oct.14, 2001	32° 30.0'	132° 56.9'	no data	99	0	0.0
			Oct.15, 2001	32° 30.6'	132° 59.3'	27.0	59	1	1.7
			Oct.16, 2001	32° 30.5'	132° 58.7'	26.3	99	1	1.0
			Nov.6, 2001	32° 36.1'	132° 53.9'	25.2	127	2	1.6
			Nov.7, 2001	32° 38.9'	132° 52.5'	24.7	258	2	0.8
			Nov.8, 2001	32° 38.6'	132° 54.9'	24.8	191	2	1.0
Subtotal						833	8	1.0	
Izu Islands June-July, 1999	Miyakejima Is.	Spoon landing net	Jun.28, 1999	34° 08.2'	139° 30.8'	21.4	868	23	2.6
	Zenisu Bank		Jul.2, 1999	33° 55.0'	138° 51.0'	22.4	731	4	0.5
	Shin-kurose Bank		Jul.3, 1999	33° 32.9'	139° 59.8'	25.0	499	0	0.0
	Miyakejima Is.		Jul.3, 1999	34° 08.3'	139° 30.2'	22.4	518	20	3.9
	Omurodasi Bank		Jul.4, 1999	34° 29.3'	139° 26.5'	21.7	513	1	0.2
	Hyoutan-se Bank		Jul.7, 1999	34° 21.4'	139° 04.8'	21.7	472	1	0.2
Subtotal						3,601	49	1.4	
Enshu-nada Nov., 2002	Kinsu-bank	Vertical long line	Nov.11, 2002	34° 20.9'	138° 20.5'	no data	65	1	1.5
Enshu-nada Nov., 2003	Kinsu-bank	Vertical long line	Nov.17, 2003	34° 20.2'	138° 20.9'	21.7	145	4	2.8
Total						9,268	83	0.9	

サバを魚槽1区画(約10トン容量)に最大500尾程度を収容し、海水を注入するとともに酸素ポンベによるエアレーションを行い、各放流海域まで輸送し漁獲当日ないしは翌日に、魚槽からたも網ですくって個体識別可能な標識を装着して船上から直接放流した。標識放流は伊豆諸島の5つの島嶼周辺と瀬(三宅島沿岸2回、銭洲、新黒瀬、大室出し及びびょうたん瀬それぞれ各1回)において6回に分けて実施し、1日当たりの放流尾数は472尾から868尾で合計3,601尾であった。

足摺岬周辺海域2000年7月放流群では、高知県以布利(足摺岬北東岸)の大敷定置に入網したゴマサバ若齢魚を「金庫網」と呼ばれる網生け簀に数日間収容し、放流時に網起こしを行い、たも網ですくって船上で黄色スパゲティタグに「クロシオ」とのみ刻印した標識を装着し、生け簀のすぐ脇で合計2,800尾を7月26日に放流した。

足摺岬周辺海域2001年10・11月放流群では、高知県清水漁業協同組合所属の立て縄漁船により、通常の操業形態で漁獲されたゴマサバの内、活力の良いものについて漁獲後直ちに個体識別可能な標識を装着して放流した。放流は6回に分けて実施し、1日の放流尾数は59尾から258尾で、合計833尾であった。

遠州灘海域2002年11月及び2003年11月放流群では、静岡県水産試験場調査船「駿丸」(134トン、1,200馬力)により立て縄で釣獲したゴマサバに、直ちに個体識別可能な標識を装着して放流した。2002年11月11日に65尾、2003年11月17日に145尾、合計210尾を放流した。

各放流とも、標識魚の生残率低下を避けるため尾叉長測定は行わず、死亡した他の採集個体の全数または一部をランダムに抽出し尾叉長をパンチング用紙で計測して放流群の尾叉長組成とした。ただし、遠州灘海

域の放流群については、立て縄で漁獲したゴマサバのほとんどについて、すぐに標識を装着して放流したため、尾叉長範囲は目測により推定した。

さらに、標識装着後の生残率を調べるために、2001年10月16日に立て縄で漁獲したゴマサバ18尾について、漁獲直後に船上で標識を装着し、魚槽内に収容して港まで持ち帰り、清水漁業協同組合のコンクリート製大型水槽に収容し無給餌で生残試験を実施した。10月19日までの4日間飼育し、死亡したゴマサバ（活力が著しく低下したものを含む）を計数した。

結 果

標識放流群ごとの再捕状況

以下に6放流群について放流海域ごとに再捕結果を述べる。再捕魚の詳細な情報については Appendix Table 1～6を参照されたい。

1. 足摺岬周辺海域放流群

1999年2・3月放流群

放流群の尾叉長組成は、32cm（1cm 間隔の階級値、32cm 以上、33cm 未満を示す。以下同様）から41cmの範囲でモードは35cmであった（Fig. 1）。尾叉長

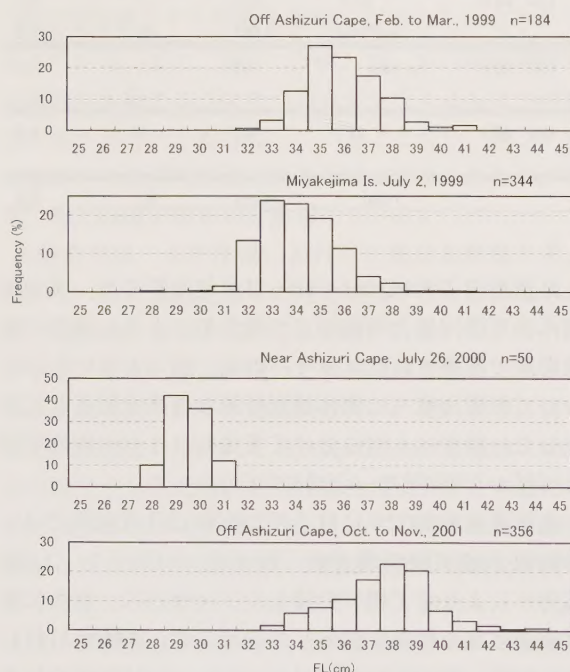


Fig.1. Histogram of fork length(cm) of tagged spotted mackerel between February, 1999 and November, 2001 in the present experiment.

30cm 以上は2歳以上に相当し（梨田ら2003）、ほとんどが成魚であった（梨田 未発表）。これらの放流群から再捕されたのは計8尾で、再捕魚はすべて3月17日に放流した501尾の放流群からであった。再捕地点と再捕までの経過日数を Fig. 2 に記す。最初の再捕は、放流後39日経過した4月25日で、放流海域近傍であった。5月23日（放流後67日経過）には室戸岬沖で、さらに6月15日には伊勢湾口の三重県安乗沖で再捕され、放流後、時間の経過とともに東方への移動が認められた。また、放流後173日の1999年9月6日に紀伊水道外域の和歌山県側で1尾、2000年7月12日（放流後483日経過）には熊野灘で1尾が再捕され、2000年12月13日（放流後637日経過）、2001年1月21日（放流後676日経過）にそれぞれ尾叉長39.5cmと37.9cmの個体が放流海域近傍の足摺岬沖で再捕された。3月17日放流群の再捕率は1.6%であった。

2000年7月放流群

放流群の尾叉長組成は、28cm から31cm でモードは29cm であり、1～2歳で未成年と成魚が混じっていた（Fig. 1）。放流地点と再捕地点を Fig. 3 に示す。7月26日の放流直後から、近くの定置網や釣り漁船によって再捕され、放流翌日の7月27日には、放流地点の北北東約20kmの土佐湾内の沿岸海域で釣りによって再捕された。その後、足摺岬より以西海域での再捕はなく、放流後56日の2000年9月20日に土佐湾中央部で延縄によって再捕された個体を最後に再捕は一旦途絶えた。しかし、2年後の2002年9月8日（放流後774日経過）に足摺岬沖で立て縄漁船によって再捕され、尾叉長は39cmであった。再捕率は0.5%であった。

2001年10・11月放流群

放流群の尾叉長組成は、33cm から44cm でモードは38cm にあり、本研究で実施した放流調査の中では最も大型の個体が多く、すべて成魚で3歳魚以上が主体であった（Fig. 1）。再捕された海域をみると、最も遠くで再捕されたのは、放流後151日経過した翌年の2002年4月7日に室戸岬沖で再捕された尾叉長35.6cm（再捕時）の個体であった。その他の個体は放流後の経過日数に19日から327日と大きな幅があるにもかかわらず足摺岬周辺海域を主体に再捕され、西隣の宿毛湾口付近でも1尾が再捕された（Fig. 4）。再捕魚の尾叉長は35.6～39.2cmで、再捕率は1.0%であった。

2. 伊豆諸島周辺海域放流群

1999年6・7月放流群

放流群の尾叉長組成は、28cm（1～2歳）から

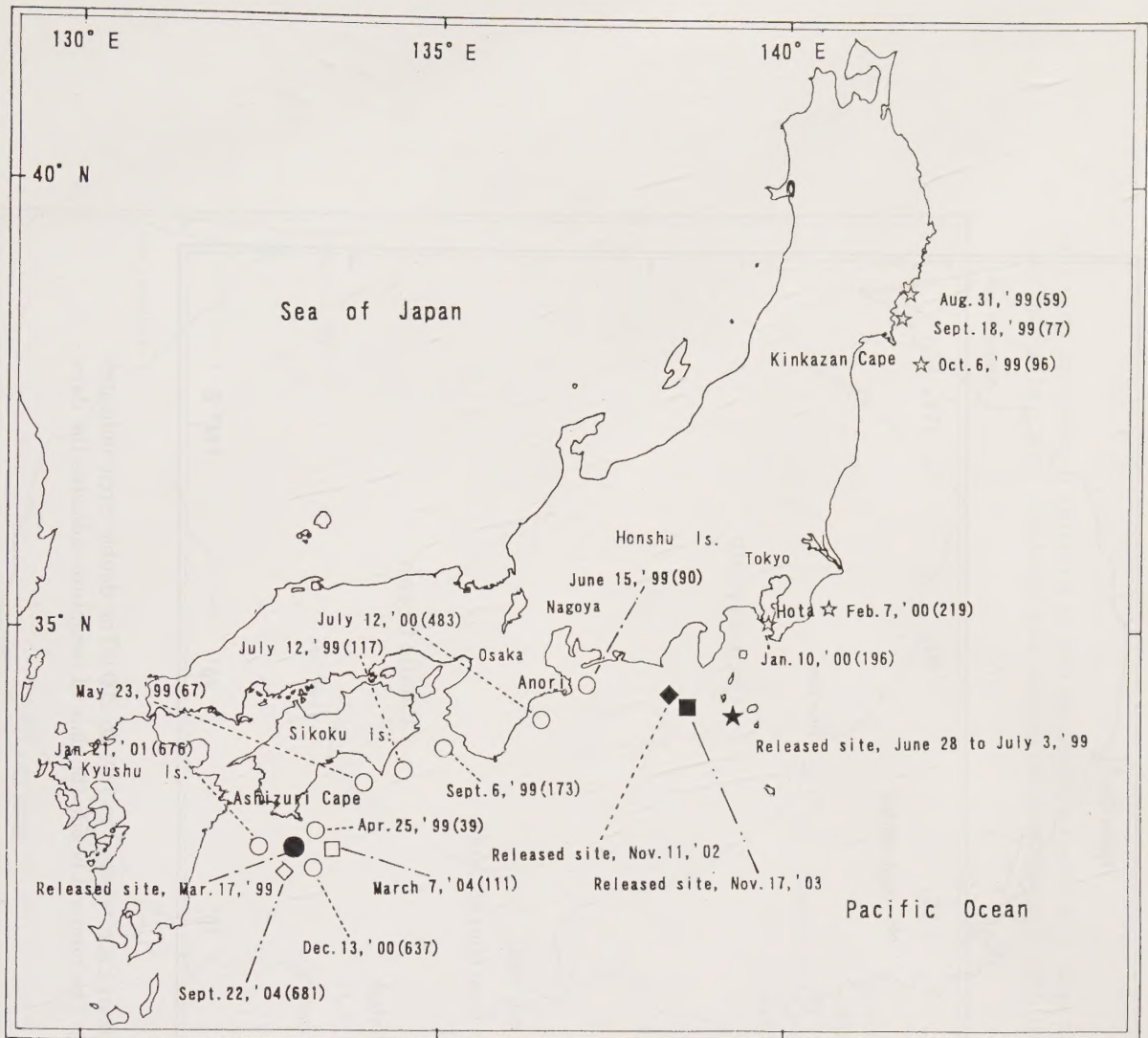


Fig.2. Release and recapture sites of spotted mackerel those were recaptured in a relatively long distance and duration. These fish were released in the waters around Ashizuri Cape in February to March 1999, Izu Islands in June to July 1999 and November 2002, 2003. Closed symbols indicate release sites and open symbols recapture sites. The numeral beside the date of recapture indicates the days after release.

41cm (4歳以上) でモードは33cmであった (Fig. 1)。尾叉長30cm未満 (2歳未満) の個体はわずかで、ほとんどが成魚 (2歳以上) であった。放流海域別の放流尾数と再捕尾数を Fig. 5に示す。この図で示した再捕尾数は、放流海域の近傍で再捕されたものである。最も多くの標識魚を放流した三宅島周辺海域は、たもすくい漁業や棒受け網漁業の漁場になっていたこともあって、再捕率は2.8%と高かった (三宅島周辺以外で再捕されたものを除く)。放流後10日ごとの再捕尾数の経時変化をみると、放流後60日までに27尾 (当該海域の再捕魚の69%) が再捕されたが、その後たもすくい漁業等が休漁期に入ってからには再捕がなく、放流

後200日経過し、漁期が再開した2000年2月に入ってから再び再捕されるようになり、6月のたもすくい漁業の終漁期まで散発的に再捕された (Fig. 6)。その他の放流海域では、漁場としてあまり利用されていなかったことを反映して、再捕尾数は0～3尾に留まった (Fig. 5)。再捕率は1.4%であった。

この伊豆諸島周辺海域放流群の内、放流海域から離れた海域での再捕をみると (Fig. 2), 放流後, 59日経過した1999年8月31日に最も北の岩手県沿岸の定置網で1尾が再捕され, 同年9月18日 (放流後77日経過) に同じく岩手県沿岸の定置網で, また同年10月6日 (放流後96日経過) には金華山沖でまき網漁業によってそ

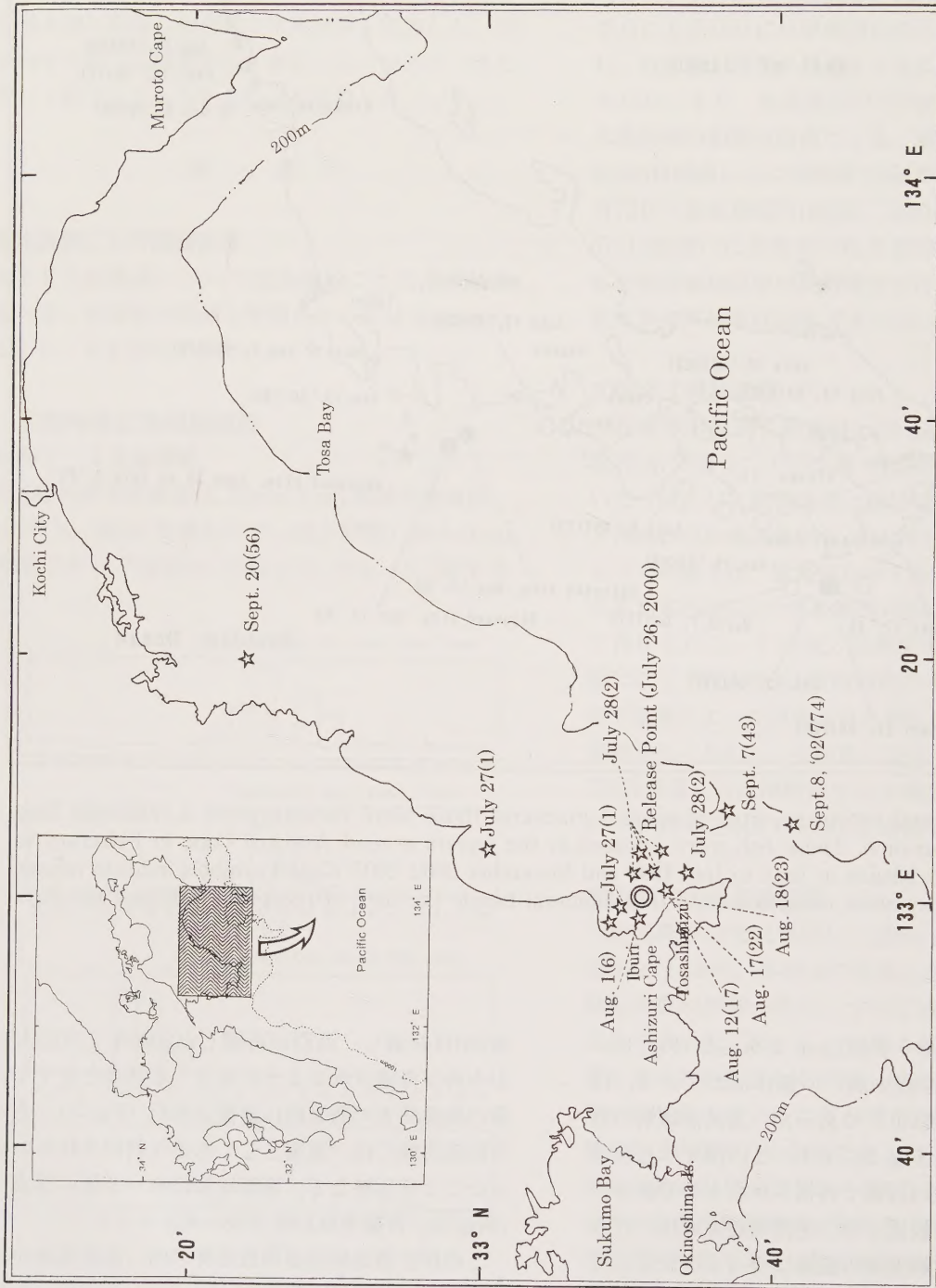


Fig.3. Release and recapture sites around Ashizuri Cape released in July 26, 2000. The double circle indicates release site and the open stars recapture sites. The numeral beside the date of recapture indicates the days after release.

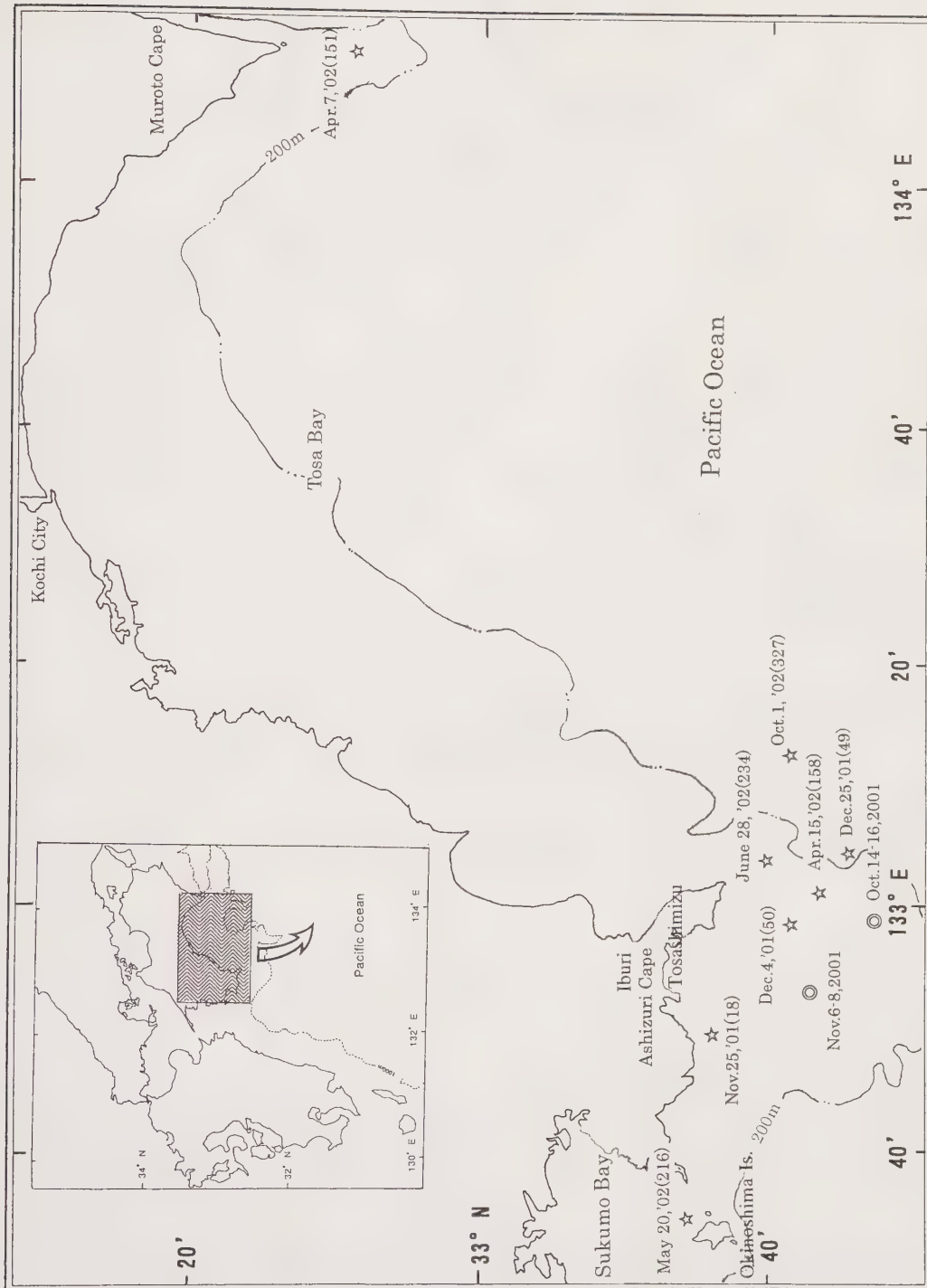


Fig.4. Release and recapture sites around Ashizuri Cape released between October and November, 2001. The double circle indicates release site and the open stars recapture sites. The numeral beside the date of recapture indicates the days after release.

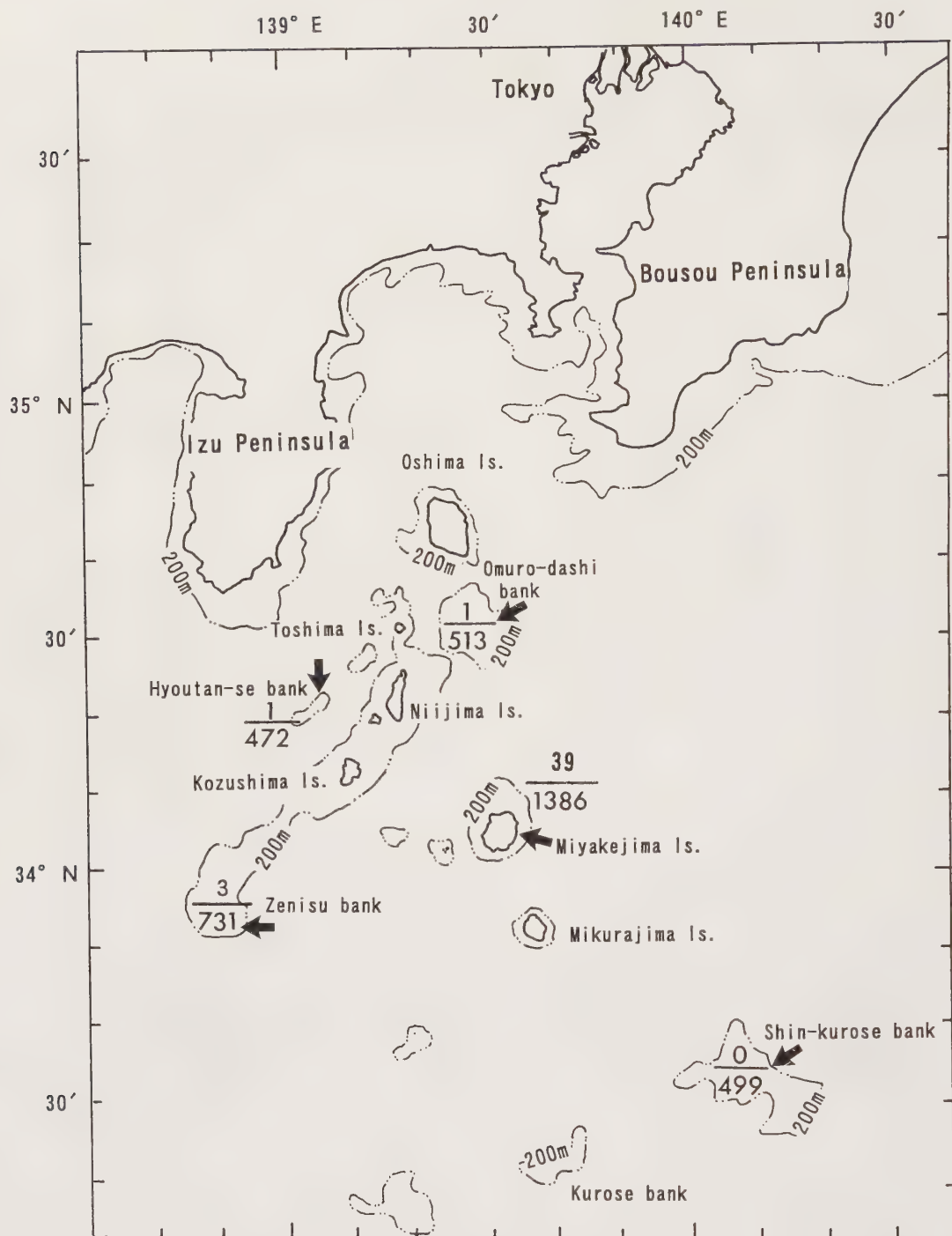


Fig.5. Release sites around Izu Islands in June to July, 1999. The denominator indicates the number of released fish and the numerator the recapture near the release sites until September, 2003.

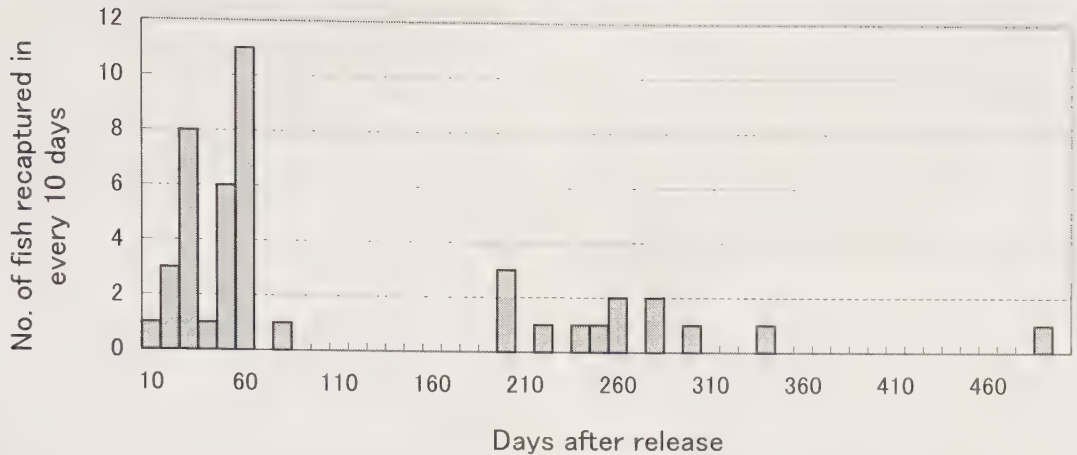


Fig.6. Number of fish recaptured in every 10 days after release around Miyakejima Island in early July, 1999.

れぞれ1尾が再捕された。さらに、翌年の2000年1月10日（放流後196日経過）に東京湾口の千葉県保田の沿岸で、2000年2月7日（放流後219日経過）には房総半島沖でそれぞれ1尾ずつが再捕された。

3. 遠州灘海域放流群

2002年11月放流群及び2003年11月放流群の尾叉長範囲は目測による推定で、おおよそ32cm～37cmの成魚であった。放流海域近傍以外において、それぞれ1尾ずつが放流後681日目の2004年9月22日と同111日目の2004年3月7日に足摺岬沖で再捕された（Fig. 2）。遠州灘海域で放流された個体が足摺岬まで移動したのはこの2例だけである。2004年9月に再捕された個体の尾叉長は39.8cm、2004年3月のものは35.0cmであった。2003年11月放流群の内、放流後4日目に2尾が、放流後63日目の2004年1月19日に1尾が再捕されたが、いずれも再捕場所等は不明であった。再捕率は、2002年11月放流群で1.5%、2003年11月放流群で2.8%であった。

標識魚の再捕漁法別の割合

本研究で実施した6放流群の放流調査で再捕された個体の漁法別の比率をTable 2に示す。最も多かったのが棒受け網で全体の41.0%、定置網と立て縄が同数で15.7%、続いて釣りの8.4%で、まき網は6.0%であった。特に、まき網による再捕魚は水揚げ時に発見された例はなく、すべて加工場等で発見された。

Table 2. Number and percentage of spotted mackerel recaptured by each fishing gear in the six tagging experiments during February 1999 to November 2003

Fishing gear	Number of fish recaptured	Percentage
Stick-held dip net	34	41.0
Set net	13	15.7
Vertical long line	13	15.7
Angling	7	8.4
Purse seine	5	6.0
Spoon landing net	2	2.4
Longline	1	1.2
Trolling line	1	1.2
Unknown	7	8.4
Total	83	100.0

標識魚の生残試験

試験を行った水槽内の水温は試験開始時には18.8℃であった。活魚槽の海水は港内から取水しており、黒潮域の漁獲時の表面水温26.3℃に比べ約8℃低かった。生残試験の結果、4日間で18尾中7尾が斃死ないしは著しく活力が低下した。死亡した個体の外見を観察したところ、漁獲時に釣り針をはずす際に傷ついた口ないしは眼の炎症の拡大によって死亡したものが多かった。また、この間の標識の脱落は無かった。

考 察

日本周辺海域の太平洋側におけるゴマサバの移動・回遊

以下、足摺岬周辺海域、伊豆諸島周辺海域及び遠州灘それぞれの放流群の再捕結果から我が国太平洋側におけるゴマサバの移動・回遊について考察する。

1. 足摺岬周辺海域放流群

1999年2・3月に成魚主体で実施した標識放流は、足摺岬周辺海域におけるゴマサバの産卵期が2月から5月で、盛期は2月下旬から3月であることから（梨田 未発表）、産卵盛期以降の成魚の移動・回遊を追跡したものと考えられる。この放流群からの再捕魚は合計8尾と少なかったが、時間の経過とともに足摺岬南東部沖、室戸岬沖そして伊勢湾口と顕著な東方への移動傾向がみられた。伊勢湾口に放流90日後に到達する個体がある一方で、放流117日後に室戸岬南東沖、同173日後に紀伊水道外域でそれぞれ1尾が再捕されるなど、放流群中の個々の個体の移動様式は様々であったと考えられる。また、放流483日後に熊野灘海域で、さらに、放流637日後及び676日後に放流海域でそれぞれ1尾ずつ再捕されたが、後者の2尾が放流後、約1～2年間にどのような移動・回遊を行っていたかについては2つの可能性が考えられる。一つは、既述したように東方への移動・回遊を行った後に、西方への産卵回遊の途上、足摺岬周辺海域に來遊した可能性。今ひとつは、足摺岬周辺海域から離れず「瀬付き」となって留まった可能性である。しかし、足摺岬周辺海域では放流直後に再捕報告があったものの、それ以降これら2尾が再捕されるまで、この放流群の再捕報告はなく、足摺岬周辺海域では周年多数の立て縄漁船が操業しており、漁獲圧が強いことを考慮すれば当海域に留まっていた可能性は低いと考えられる。

1歳の未成魚と2歳の成魚が混合していた2000年7月放流群のうち、放流後774日（約2年）経過した個体が、放流海域周辺で再捕されるまでの約2年間の移動・回遊については不明である。しかし、足摺岬周辺では放流直後を除いて再捕が全く無いこと、足摺岬を離れた再捕は東方の上佐湾中央部だけで以西海域では無かったことから、放流群の多くは足摺岬周辺から東方へ移動し、その後西方へ産卵回遊の途上に足摺岬沖で再捕されたと考えられる。

2001年10・11月放流群は、尾叉長範囲が33cm から44cm でモードが38cm の成魚であり、上記の放流群に比べ高齢魚の割合が高かった。再捕場所は室戸岬沖の1尾の他は、放流海域周辺ないしは西隣の高知県沖の島までに限られていたこと、さらに再捕までの期間は放流後1年以内で、再捕時期が特定の季節に限定されなかったことから、この放流群の多くは放流海域周辺に留まっていたと考えるのが妥当であろう。また、足摺岬沖のゴマサバ漁場では、数量は少ないが周年にわたって「瀬付き」と呼ばれる比較的移動範囲の狭い大型魚（尾叉長40cm 以上）が立て縄漁業で漁獲されている。田ノ上（1958）は東シナ海南部海域の大型の

ゴマサバは大きな回遊を行わないとしているが、足摺岬周辺海域でも同様の傾向があると考えられる。

2. 伊豆諸島周辺海域

1999年6・7月放流群の多くは放流海域近傍で再捕されたが、伊豆諸島周辺から北に離れた海域でも再捕された。放流後59日目の8月31日と77日目の9月18日に岩手県南部沿岸の定置網で、さらに96日目の10月6日には金華山沖のまき網漁船で再捕されており、これらの個体は索餌のために三陸海域まで北上回遊したものと考えられる。また、放流後196日目の2000年1月10日に千葉県保田で1尾、放流後219日目の2000年2月7日には千葉県勝浦沖で釣り漁船により再捕された。これらの個体の回遊経路は明らかではないが、上記のように三陸海域で再捕されたものがあることから、索餌北上回遊した後に、越冬や産卵のための南下回遊の途上にあったと考えられる。伊豆諸島周辺海域に生息するゴマサバは移動範囲が狭く滞留性が強いと考えられているが（平井1995）、本研究結果から、その大部分は伊豆諸島周辺海域に留まるものの、少なくとも一部は索餌のため三陸海域まで北上することがわかった。

3. 遠州灘海域

遠州灘海域のゴマサバは、隣接する伊豆諸島周辺海域のゴマサバと同一の群れであると考えられる。遠州灘海域の放流群の内、事例は少ないものの2尾が足摺岬周辺海域で再捕され、そのうちの1尾は産卵盛期である3月に再捕された。このことは、花井（1999）が指摘したように、伊豆諸島周辺海域～遠州灘に生息するゴマサバの主産卵場が伊豆諸島周辺海域よりも黒潮のより上流域にある可能性を示すものである。これらを実証するには事例の蓄積が必要と考えられる。

4. ゴマサバ太平洋系群の移動・回遊

以上、本研究によって得られた標識放流調査結果と一都三県による伊豆諸島周辺、房総半島周辺及び遠州灘における標識放流結果（平井1995、神奈川県水産総合研究所ら1998、1999、花井1999、千葉県水産試験場ら2000、梨田ら2000、千葉県水産研究センターら2001、2002、2003、2004）、ならびに渡邊ら（1999）、新谷（2001）、Savinykh *et al.*（2004）の当歳魚に関する知見に基づき、ゴマサバ太平洋系群の移動・回遊について以下のように想定した。

春に主産卵場である東シナ海で発生した当歳魚は、黒潮に乗って太平洋側海域を東方へ移動し、一部は黒潮から派生する暖水舌等に乗って沿岸域に入り込んで

その海域に留まる。薩南、足摺岬及び伊豆諸島周辺海域などの東シナ海より小規模な産卵場で発生した当歳魚も同様に黒潮に乗って東方へ移動し、一部は地先の海域に残る。東方へ移動した当歳魚は、黒潮統流に乗ってさらに東方沖合へと移動しながら蛇行の峰周辺の前線渦などを利用して北上し、黒潮・親潮前線間域～親潮域の索餌場へ到達する。餌の豊富な索餌場で夏を過ごした当歳魚は、秋以降、水温の低下とともに南下回遊し、房総半島沖から伊豆諸島周辺などの黒潮周辺海域で越冬する。

越冬後の1歳魚は、本研究結果などから、春から夏の索餌期には、越冬海域周辺に留まったり、黒潮の下流域に移動したり、あるいは三陸沖などの黒潮・親潮前線間域へ北上回遊する。秋から冬には越冬のために黒潮周辺海域に戻る。2歳魚も同様の季節的回遊を行う。

3歳魚以上の大型魚は、伊豆諸島周辺海域では足摺岬周辺海域と比べて少ない傾向があり（花井 1999）、本研究でも採集漁法は異なるものの伊豆諸島周辺の尾叉長組成は、足摺岬周辺海域よりも小さい傾向がみられた（Fig. 1）。また、本研究結果から、伊豆諸島周辺海域～遠州灘と足摺岬周辺海域では群れの交流があり、移動・回遊範囲が両海域にまたがっていた。これらから、3歳魚以上は、黒潮の上流域と下流域との間で季節的な移動・回遊を繰り返しながら、高齢になるに従って産卵場である足摺岬周辺海域や薩南海域、さらには東シナ海など黒潮の上流域へ移動すると考えられる。また、足摺岬周辺海域や東シナ海などにおいては、一部は移動範囲が狭くなるいわゆる「瀬付き」となり、1年中その海域に留まるようになる（田ノ上 1958）。

田中（1998）は、系群について、産卵場への回帰性があるが生残や親子関係を通じての集団内部での数量関係が密接であり、独自の数量変動を示す集団としている。また、川崎（1966）は、太平洋側のマサバについて、太平洋側各地の漁獲の経過から伊豆諸島周辺海域に主産卵場をもち、釧路沖から三陸海域を主な索餌場とする集団をマサバ太平洋系群とし、その季節的回遊について述べている。

本研究結果から想定された太平洋側のゴマサバの移動・回遊特性はマサバ太平洋系群に類似し、少なくとも四国沖から三陸沖の範囲で季節的回遊を行い、産卵場への回帰性をもった一つの系群を形成していることを示すものと考えられる。今後、本種の標識放流調査を太平洋側の様々な海域で継続的に実施し、さらには主産卵場とされる東シナ海でも実施して移動・回遊に関する知見を収集することにより、ゴマサバ太平洋系

群の移動・回遊の実態をより詳細に明らかにすることが必要である。

標識放流手法の問題点

小型浮魚類の標識放流手法については、本研究で行った様々な手法の比較により、それぞれの長所短所が明らかになった。これらの知見は、今後、同様な放流調査を行う上で重要と考えられるので、過去の知見と併せて以下に考察する。

ゴマサバと同属のマサバの標識放流調査は古くから行われ報告されている。花村（1958）によれば、昭和9年から13年にかけて、主に日本海側において総計約24,000尾が放流されて161尾（0.66%）が再捕され、戦後も1950年代までに31,000尾が放流されて140尾（0.45%）が再捕された。また、長谷川ら（1991）は、1984年から1989年にかけて夏季の日本海北部海域で14,522尾を標識放流し、通算の再捕率は1.453%であったと報告している。マサバのように、中・小型の浮魚類の標識放流調査の再捕率は低い場合が多い。その原因としてまず考えられるのは、採集の際に受けた損傷による標識魚の生残率低下であり、その程度は漁法によって異なる。牟田ら（1958）は、サバ類の標識放流調査の結果から、標識魚の採集方法で最も良いのは定置網で、まき網が最も悪く、一本釣りや延縄はその中間であるとしている。本研究では、たもすくい、定置網、立て縄により標識魚を採集したが、たもすくいの標識魚の再捕率が1.4%と最も高かった（Table 1）。定置網は魚体に与える損傷の少ない漁法と考えられるが、本研究で標識魚として用いた定置網漁獲物は1歳魚主体の未成魚であり、採集や標識装着時の損傷による生残率の低下以外にも被食や漁場外への逸散等（主に放流海域より東方への移動）のために低い再捕率（0.4%）に留まったと考えられる。

立て縄で採集されたゴマサバの水槽内生残試験では、漁獲後4日目で18尾中7尾が斃死した。水槽内水温は18.8℃で、この時期（10月中旬）の漁場の表面水温（約26℃）に比べかなり低かったが、1999年5月に熊野灘で実施したバイオテレメトリー調査（約24時間の追跡調査）におけるゴマサバは水深20mから160m前後の12.9～20.4℃を遊泳していたことから（梨田ら 2000）、生息可能な水温幅はかなり広く、水槽内水温が生残率の低下をもたらしたとは考えにくい。立て縄で採集した標識魚の生残率は、おもに釣獲時及び水槽への搬送時に負った傷によって放流直後はかなり低くなると推察される。このため、1999年2・3月足摺岬放流群の8回の立て縄漁獲物の標識放流では、3月17日に放流した501尾から再捕があったただけであった。

再捕のあった放流群は、他の7回のもものと異なり、輸送のために陸上水槽から調査船の水槽に魚を移す際、たも網で運ぶ距離をより短くし、擦れによる損傷を極力抑えた。このような魚体の取り扱いのわずかな違いが放流後の生残率に与える影響も無視できないと考えられる。

また、漁獲から放流まで輸送の必要がある場合、標識魚の生残のために輸送水槽中の溶存酸素濃度を一定以上に保持することが重要かつ不可欠であった。輸送用の5トン容量のキャンバス水槽に300尾以上のゴマサバを収容した場合、海水を注水するだけでは酸欠状態となり、収容中のゴマサバは次第に水面近くで「鼻あげ」状態となり、一晩で多くの個体が斃死した。海水を水槽上部から放水して爆気状態にした上で、さらに酸素ポンプによるエアレーションを行うことにより溶存酸素を一定以上に保つ処置を施すことによって、水槽収容中に斃死する個体数は激減した。このように、輸送を伴う標識魚の生残率の向上には、適切な収容尾数と溶存酸素の管理が必要不可欠であると考えられる。

一方、漁獲直後に放流した足摺岬周辺海域2001年10・11月放流群の再捕率は1.0%と相対的に高かった。この原因として、放流魚には大型の「瀬付き」と呼ばれる比較的移動範囲の狭いものが多かったことのほか、漁獲直後に船上から直接放流したため、輸送に伴う損傷や酸欠等による活力の低下がなかったことなどが考えられる。

再捕漁具・漁法別の再捕率

2001年の漁法別の漁獲量では、まき網による漁獲が小型魚主体ではあるものの全体の72%を占め、たもすくい・棒受け網が21%を占めている（三谷ら2002）。このように、本系群の漁獲の大半がまき網による漁獲であるにもかかわらず、漁法別の再捕数でまき網の占める割合は6%に過ぎなかった（Table 2）。また、ゴマサバ太平洋系群の分布域であり、主にまき網漁業によってゴマサバが漁獲されている熊野灘や日向灘海域においても、まき網による再捕の報告は本研究ではなかった。これは、まき網漁獲物の産地市場における水揚げ時の選別方法が粗放的事から、水揚げ物中から標識魚が直接発見されることはほとんど無いためと考えられる。漁獲量の多いまき網による再捕報告が少ないことは、多獲性浮魚類の標識放流調査上の最大の難点である。まき網漁獲物は、水揚げ後加工場等で標識魚が発見されることがほとんどであるが、本研究で用いた塩化ビニール製のスパゲティタグは、水産加工場等で異物除去のため設置されている金属探知器では

検知できない。しかし、標識に金属部位をつけることにより発見率が大幅に向上する可能性がある。また、近年、金属以外の異物を検出するためX線等を利用したシステムも開発されつつあり、これらが実用化されることによる発見率の向上も期待される。

謝 辞

本報告をまとめるに当たって、標識魚の確保及び標識放流に多大なるご協力を頂いた各漁業協同組合、漁業者、試験研究機関の皆様へ感謝する。また、高知県水産試験場の新谷淑生氏には、標識放流について多くのご助言とご協力頂き御礼申し上げる。さらに、標識魚の再捕報告をして頂いた漁業者の方々、これらの情報を当研究拠点にお送り頂いた試験研究機関を始めとする皆様方に御礼申し上げる。最後に、草稿について貴重なコメントを頂いた査読者の方々及び中央水産研究所資源評価部長石田行正博士に感謝の意を表す。

文 献

- 千葉県水産研究センター，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，2001：関東近海のマサバについて，100pp.
- 千葉県水産研究センター，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，2002：関東近海のマサバについて，98pp.
- 千葉県水産研究センター，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，2003：関東近海のマサバについて，90pp.
- 千葉県水産研究センター，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，2004：関東近海のマサバについて，88pp.
- 千葉県水産試験場，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，2000：関東近海のマサバについて，110pp.
- 花井孝之，1999：伊豆諸島海域におけるゴマサバ資源特性について，中央水産研究所，中央ブロック長期漁海況予報 No.107，32-39.
- 花村宣彦，1958：第4章 マサバの洄游，対馬暖流開発調査報告書第4号（漁業資源篇），水産庁，pp. 53-68.
- 長谷川誠三，永澤 亨，渡辺まゆみ，1991：標識放流再捕結果からみたマサバの分布と移動，日水研報，41，1-10.
- 平井一行，1995：標識放流結果による伊豆諸島周辺海域のゴマサバの移動について，静岡水試研報，

30. 35-37.

神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，千葉県水産試験場，静岡県水産試験場，1998：関東近海のマサバについて，98pp.

神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，千葉県水産試験場，静岡県水産試験場，1999：関東近海のマサバについて，110pp.

川崎 健，1966：マサバ太平洋系群の構造について，東海水研報，47，1-30.

三谷卓美，上原伸二，石田 実，梨田一也，2002：平成14年ゴマサバ太平洋系群の資源評価。我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価)。水産庁増殖推進部，独立行政法人水産総合研究センター，pp. 190-202.

牟田邦甫，北方正章，町中 茂，1958：第6章 サバの標識放流。対馬暖流開発調査報告書第4号(漁業資源篇)，水産庁，pp. 80-91.

梨田一也，本多 仁，阪地英男，木村 量，2003：足摺岬周辺及び土佐湾中央部海域で漁獲されたゴマサバの年齢形質としての耳石の有効性。黒潮の資源海洋研究，4，5-9.

梨田一也，三谷卓美，上原伸二，2000：標識放流及びバイオテレメトリー調査結果からみたゴマサバの移動回遊と行動特性に関する予備的知見。関東近海のマサバについて，千葉県水産試験場，静岡県水産試験場，神奈川県水産総合研究所，東京都水産試験場，pp. 84-95.

新谷淑生，2001：高知県西部海域の定置網で漁獲されるサバ類の尾叉長組成。黒潮の資源 海洋研究，2，119-121.

Savinykh, V.F., A.A. Baitalyuk, and A.Yu. Zhigalin, 2004. Pelagic fish new to the Pacific waters of the Southern Kurils, migrants from the zone of Kuroshio. *J. Ichthyol.*, 44 (8). 611-615.

田中昌一，1998：水産資源学総論(増補改訂版)。恒星社厚生閣。東京，408pp.

田ノ上豊隆，1958：第5章 ゴマサバの洄游。対馬暖流開発調査報告書第4号(漁業資源 篇)，水産庁，pp. 69-79.

渡邊千夏子，川端 淳，和田時夫，1999：黒潮親潮移行域におけるサバ類当歳魚の分布。東京。月刊海洋，346，236-240.

Appendix Table 1. Results of tagging experiments conducted off Ashizuri Cape in February to March, 1999.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	April 25, 1999	39	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	34.5	480
2	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	May 23, 1999	67	Off Muroto Cape	Vertical long line	35.5	550
3	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	June 15, 1999	90	Off Anori, Mie Pref.	Angling	38.0	560
4	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	July 12, 1999	117	Off Muroto Cape	Vertical long line	TL*37.0	600
5	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	Sept. 6, 1999	173	Off Tanabe, Wakayama Pref.	Purse seine	—	—
6	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	June 12, 2000	483	Off Owase, Mie Pref.	Angling	—	700
7	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	Dec. 13, 2000	637	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	39.5	824
8	March 7, 1999	Off Ashizuri Cape	Jan. 21, 2001	676	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	37.9	619

* TL : Total length

Appendix Table 2. Results of tagging experiments conducted around Izu Islands in June to July, 1999.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 8, 1999	10	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	TL*33.8	552
2	July 2, 1999	Zenisu Bank	July 12, 1999	10	Zenisu Bank	Stick-held dip net	TL*33.5	487
3	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 15, 1999	17	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.2	550
4	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 21, 1999	23	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	33.8	506
5	July 3, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	20	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	36.0	647
6	July 3, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	20	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	37.0	694
7	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	25	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	32.9	439
8	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	25	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	39.0	786
9	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	25	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	32.7	400
10	June 28, 1999	Around Miyake Is.	July 23, 1999	25	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	36.7	679
11	July 3, 1999	Around Miyake Is.	July 30, 1999	27	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	—	500
12	July 3, 1999	Around Miyake Is.	July 30, 1999	27	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	—	580
13	July 3, 1999	Around Miyake Is.	July 30, 1999	27	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	—	400
14	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 1, 1999	34	Nijima Is., Sedo	Stick-held dip net	34.3	553
15	July 7, 1999	Hyoutan Bank	Aug. 18, 1999	42	unknown	unknown	34.5	500
16	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	53	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.7	499
17	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	53	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.2	530
18	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	48	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.5	451
19	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	48	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	35.3	630
20	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	48	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	31.0	400
21	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 20, 1999	48	Around Miyake Is.	unknown	—	—
22	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 22, 1999	55	unknown	Stick-held dip net	34.1	490
23	July 4, 1999	Omurodashi Bank	Aug. 22, 1999	49	Off Senzu, Oshima Is.	Angling	32.6	391
24	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 22, 1999	50	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	32.3	529
25	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 22, 1999	50	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	32.5	440
26	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	56	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	35.5	562
27	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	56	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.5	706
28	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	51	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	38.0	735
29	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	51	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	35.5	562
30	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	51	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	27.0	500
31	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	51	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	30.0	350
32	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 23, 1999	51	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	32.0	400
33	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Aug. 31, 1999	59	Coast off Ofunato, Iwate Pref.	Set net	36.0	460
34	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Sept. 18, 1999	77	Coast off Ofunato, Iwate Pref.	Set net	36.5	580
35	July 2, 1999	Zenisu Bank	Sept. 21, 1999	81	Zenisu Bank	Stick-held dip net	35.0	595
36	July 2, 1999	Zenisu Bank	Oct. 6, 1999	96	Off Kinkazan Cape	Purse seine	—	—
37	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Jan. 10, 2000	196	Around Izu Is.	unknown	38.5	774
38	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Jan. 10, 2000	196	Uchibou Hota, Chiba Pref.	Set net	35.0	450
39	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Jan. 11, 2000	197	unknown	unknown	—	—
40	July 3, 1999	Around Miyake Is.	Feb. 7, 2000	219	Off Katu-ura, Chiba Pref.	Angling	33.3	450
41	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Feb. 14, 2000	231	unknown	Purse seine	41.3	478
42	July 2, 1999	Zenisu Bank	Feb. 29, 2000	242	unknown	Purse seine	39.0	600
43	June 28, 1999	Around Miyake Is.	March, 5, 2000	251	Around Miyake Is.	Spoon landing net	33.0	497
44	July 3, 1999	Around Miyake Is.	March 13, 2000	254	Around Miyake Is.	Spoon landing net	36.1	312
45	June 28, 1999	Around Miyake Is.	April 3, 2000	280	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	35.0	615
46	June 28, 1999	Around Miyake Is.	April 3, 2000	280	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	40.0	810
47	June 28, 1999	Around Miyake Is.	April 14, 2000	291	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	34.7	484
48	July 3, 1999	Around Miyake Is.	May, 31, 2000	333	Around Miyake Is.	Stick-held dip net	35.0	—
49	June 28, 1999	Around Miyake Is.	Oct. 25, 2000	485	unknown	Purse seine	41.0	700

* TL : Total length

Appendix Table 3. Results of tagging experiments conducted in the coastal areas of Ashizuri Cape on July 26, 2000.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 27, 2000	1	Near Ashizuri Cape	Set net	—	—
2	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 27, 2000	2	Off Ogata, Kochi Pref.	Angling	32.0	290
3	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 28, 2000	2	Near Ashizuri Cape	Set net	29.2	267
4	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 28, 2000	2	Near Ashizuri Cape	Set net	—	—
5	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 28, 2000	2	Near Ashizuri Cape	Set net	—	—
6	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	July 28, 2000	2	Near Ashizuri Cape	Set net	—	—
7	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Aug. 1, 2000	6	Near Ashizuri Cape	Set net	28.6	262
8	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Aug. 12, 2000	17	Near Ashizuri Cape	Set net	29.6	283
9	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Aug. 17, 2000	22	Near Ashizuri Cape	Set net	31.0	351
10	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Aug. 18, 2000	23	Near Ashizuri Cape	Set net	31.1	349
11	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Sept. 7, 2000	43	Off Ashizuri Cape	Trolling line	29.9	314
12	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Sept. 20, 2000	56	Off Kaizaki, Kochi Pref.	Long line	—	300
13	July 26, 2000	Near Ashizuri Cape	Sept. 8, 2002	774	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	39.0	700

Appendix Table 4. Results of tagging experiments conducted off Ashizuri Cape in October to November, 2001.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	Nov. 7, 2001	Off Ashizuri Cape	Nov. 25, 2001	18	Off Kainokawa, Kochi Pref.	Set net	36.6	640
2	Oct. 15, 2001	Off Ashizuri Cape	Dec. 4, 2001	50	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	—	700
3	Nov. 6, 2001	Off Ashizuri Cape	Dec. 25, 2001	49	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	39.2	750
4	Nov. 7, 2001	Off Ashizuri Cape	April 7, 2002	151	Off Muroto Cape	Angling	35.6	577
5	Nov. 8, 2001	Off Ashizuri Cape	April 15, 2002	158	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	—	—
6	Oct. 16, 2001	Off Ashizuri Cape	May 20, 2002	216	Okinoshima, Kochi Pref.	Angling	38.4	831
7	Nov. 6, 2001	Off Ashizuri Cape	June 28, 2002	234	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	37.7	687
8	Nov. 8, 2001	Off Ashizuri Cape	Oct. 1, 2002	327	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	36.0	700

Appendix Table 5. Results of release and recapture experiment conducted at Kinsu bank in Enshu-nada in November, 2002.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	Nov. 11, 2002	Kinsu bank	Sept. 22, 2004	681	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	39.8	740

Appendix Table 6. Results of release and recapture experiment conducted at Kinsu bank in Enshu-nada in November, 2003.

No. of fish recaptured	Date of release	Area of release	Date of recapture	No. of days until recapture	Area of recapture	Fishing gear	FL and BW when recaptured	
							FL(cm)	BW(g)
1	Nov. 17, 2003	Kinsu bank	Nov. 21, 2003	4	unknown	unknown	—	—
2	Nov. 17, 2003	Kinsu bank	Nov. 21, 2003	4	unknown	unknown	—	—
3	Nov. 17, 2003	Kinsu bank	Jan. 19, 2004	63	unknown	unknown	—	—
4	Nov. 17, 2003	Kinsu bank	March 7, 2004	111	Off Ashizuri Cape	Vertical long line	35.0	700

マクロベントス（イソゴカイとシズクガイ）がアレキサンドリウムシストの鉛直分布と発芽に及ぼす影響

辻野 睦^{*}

Influence on the vertical distribution and germination of *Alexandrium* spp. cysts by macrobenthic organisms [*Perinereis nuntia* (Polychaeta) and *Theora fragilis* (Mollusca)]

Mutsumi TSUJINO[※]

Abstract Influence on the vertical distribution and germination of the resting cysts of *Alexandrium* spp. by two macrobenthos, *Perinereis nuntia* (Polychaeta) and *Theora fragilis* (Mollusca), was experimentally examined in culture sediments containing a high density of cysts.

The present results indicated that *P. nuntia* and *T. fragilis* transferred vertically the cysts in the surface sediments due to ingestion, excretion and movement. However, the cyst densities in the surface sediments decreased more than expected from the vertical transfer to the deeper layers throughout the experimental periods. The accumulative number of vegetative cells of *Alexandrium* spp. that germinated from the culture sediments with *P. nuntia* and *T. fragilis* were lower as compared with those from the control sediments without any macrobenthos. It was considered that germination was suppressed by enclosing cysts in the fecal pellets and digestion of cysts, as well as the vertical transfer of cysts to the deeper layers.

Therefore, it was suggested that the surface deposit feeders such as *P. nuntia* and *T. fragilis* have a significant role in decreasing the abundance of *Alexandrium* cysts in the surface sediments and suppressing the germination of them by the digestion, movement and enclosing in the fecal pellets.

Key words: *Alexandrium* spp.; Resting cysts; Vertical distribution; *Perinereis nuntia*; *Theora fragilis*

緒 言

広島湾では1992年以降春季に *Alexandrium tamarense* による麻痺性の貝毒が頻繁に発生するようになった (Yamamoto and Yamasaki 1996)。広島湾北部の太田川河口域には *Alexandrium* 属のシストが高密度に堆

積している (山口ら 1995b; Tsujino *et al.* 2002)。鉛直的には表層0-3cm 層に多く分布し、下層になるほど減少する (山口ら 1995b)。底泥に堆積したシストは休眠し、休眠の長さは水温や光等の様々な環境要因によって左右される (Anderson 1980; Anderson *et al.* 1987; Perez *et al.* 1998)。さらに、これらのシスト

は海底に生息する様々なベントスによって、水平分布、鉛直分布、発芽量等の点において影響をうける可能性がある (Persson 2000)。これまで底泥のシストの量的変動について、二枚貝や底生性のカイアシ類であるハルパクテクス類によるシスト捕食の影響の可能性や、バクテリアやウイルス等の寄生による変動の可能性が指摘されてきた (Persson 2000)。Persson and Rosenberg (2003) はスウェーデンの西海岸に普通に生息する二枚貝と多毛類を用いて、渦鞭毛藻類のシストの分布への影響を実験的に検討し、泥中における渦鞭毛藻類のシストの構成の違いは、その場に生息するベントスの食性の違いによって引き起こされることを示唆した。

著者らはこれまでアレキサンドリウム属シストとマクロベントスの関係について、現場調査と、イソゴカイ (*Perinereis nuntia*) とシズクガイ (*Theora fragilis*) の2種類のマクロベントスを使った室内実験で検討してきた (辻野ら 2001; Tsujino *et al.* 2002; Tsujino and Uchida 2004)。シズクガイは日本沿岸の *Alexandrium* 属シストが高密度に堆積しているような浅海域に生息し (Imabayashi and Tsukuda 1984)、イソゴカイは通常日本沿岸の下潟に (吉田 1984) 生息しているが、沿岸浅海域から単一種の多毛類を採集するのは難しいため、養殖可能であるイソゴカイを用いた。その結果、イソゴカイ、シズクガイが共にシストを摂食し、シズクガイにおいては摂食したシストの一部を消化している可能性を示した (Tsujino and Uchida 2004)。本研究においてはマクロベントスであるイソゴカイとシズクガイが、海底泥のシストの鉛直分布に及ぼす影響および海底泥からのシストの発芽に対する影響を実験的に検討した。

試料と方法

シストの鉛直分布に及ぼすイソゴカイとシズクガイの影響

Alexandrium 属のシスト密度が低い阿多田沖海底泥とシスト密度が高い呉湾海底泥をスミスマッキンタイヤー採泥器で採取した。採取した泥はマクロベントスを除くため目合い1mmの篩でふるい、通過した泥を実験に用いた。マクロベントスを除いた阿多田沖海底泥 (含水率77.5% *Alexandrium* 属シスト密度 67cysts/g wet weight) を5cm、その上に呉湾海底泥 (含水率78.9% *Alexandrium* 属シスト密度2593cysts/g wet weight) を1cm入れた14 (横) × 10 (縦) × 8 (高さ) cmの容器を9個用意した。3容器ずつ、イソゴカイ飼育区、シズクガイ飼育区、対照区とし、

イソゴカイ、シズクガイ飼育区は1つの容器にイソゴカイ、シズクガイをそれぞれ20個体入れて、水温18℃の流水系において、水槽上部を黒い遮光シートで被って無給餌で60日間飼育した。30日毎に径1.5cmのミニコアで、一つの容器から6回泥柱を採取して一サンプルとし、表層から1cm間隔でカットして各層のシスト数計数用試料とした。

シスト発芽に及ぼすイソゴカイとシズクガイの影響

1mmの篩でマクロベントスを取り除いた呉湾の海底泥を実験に用いた。100mlビーカーを9個用意し、各ビーカーに湿重約20gの (含水率78.9% *Alexandrium* 属シスト密度2306cysts/g wet weight) 泥を加えた。そのうち3個はマクロベントスを入れない対照区とし、3個をイソゴカイ飼育区、残り3個をシズクガイ飼育区として、それぞれ1容器あたり3個体のイソゴカイとシズクガイを収容した。各ビーカーに90mlの濾過海水を満たし、12.5℃、照度14.2 μ mol photons / m² / s、12時間の明暗周期で1か月培養した。その間、2～4日毎に泥の上澄みの全濾過海水を入れ替えた。取り除いた海水は1%のグルタルアルデヒドで固定、静置した後、10mlに沈澱濃縮して *Alexandrium* 属の遊泳細胞を計数した。飼育終了後、各飼育区の泥と対照区の泥を回収して、泥中のシスト密度計数用の試料とした。

泥中シストの計数は、各試料から湿泥5gを採って濾過海水に懸濁し、超音波で1分間処理した後、20 μ mの目合いで篩って、篩上のシストを集め、プリムリン染色した後 (Yamaguchi *et al.* 1995a)、蛍光倒立顕微鏡 (OLYMPUS IX70) 下で行った。

両実験に使用したイソゴカイは、養殖されているイソゴカイを購入して飼育した0.1g (湿重) 前後の物を用いた。シズクガイは広島湾の底泥から採取した0.8cm前後の個体を用いた。

結 果

シストの鉛直分布に及ぼすイソゴカイとシズクガイの影響

飼育開始後30日目と60日目のイソゴカイ、シズクガイ飼育区および対照区の泥中における *Alexandrium* 属シストの鉛直分布を Fig.1に示した。

30日目のイソゴカイ飼育泥では、0-1cm層の平均シスト密度は対照区泥の72%となったが、有意な差ではなかった。しかし、0-1cm層より下層の全ての層において対照泥よりもシスト密度が高くなった (t検定 $p < 0.05$)。これに対してシズクガイ飼育泥では、

表層0-1cm層のシスト密度は対照泥の27%まで低下し ($p < 0.02$), 1-2 cm 層では, シスト密度の増加が認められた ($p < 0.001$)。しかし, 2 cm より下層においてシスト密度の有意な増加は認められなかった。

60日目のイソゴカイ飼育泥では, 0-1 cm 層のシスト密度は対照泥の25%まで低下した ($p < 0.001$)。1-2cm 層のシスト密度は対照泥と変わらなかったが, 30日後のシスト密度よりも低下した ($p < 0.001$)。2-3cm 層のシスト密度は対照泥のシスト密度に対して有意に高かった ($p < 0.1$) が, それより下層においては対照泥のシスト密度に対して有意な差は認められなかった。60日目のシズクガイ飼育泥では, 0-1cm 層のシスト密度は対照泥の27%に低下した ($p < 0.001$) 1-2cm 層では対照泥シスト密度の57%まで低下したが有意な減少ではなかった。2-3cm 層のシ

スト密度は対照泥のシスト密度の約6倍となり, 有意に高かった ($p < 0.01$)。それより下層においては対照泥のシスト密度に対して有意な差は認められなかった

シスト発芽に及ぼすイソゴカイとシズクガイの影響

対照泥, イソゴカイおよびシズクガイ飼育泥における飼育泥直上水中の *Alexandrium* 属遊泳細胞数の累積変化を Fig. 2に示した。対照泥から発芽して直上水中に確認された遊泳細胞数の増加速度は, 飼育開始から3日目までは0.7 cells/day, 3~6日目までは1.3 cells/day となったが, 6~9日目までは8.0 cells/day, 11, 13, 15, 17日目では6~11.5 cells/day 前後となり, それ以後減少した。それに対し, イソゴカイ飼育泥の直上水中に確認された遊泳細胞数は非常に少なく, 3日目までは検出されなかった。その増加

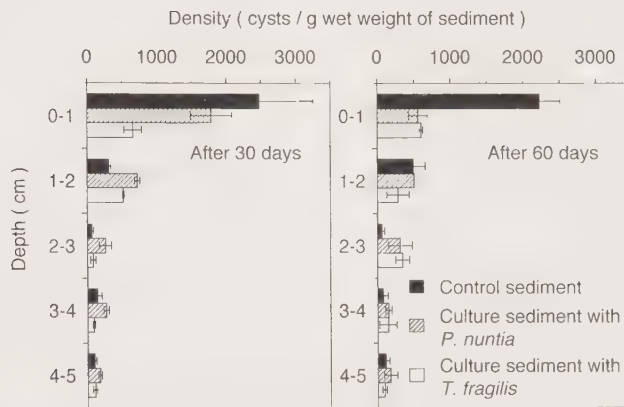


Fig. 1. Vertical distribution of *Alexandrium* spp. resting cysts in the culture sediment with *Perinereis nuntia* and *Theora fragilis*.

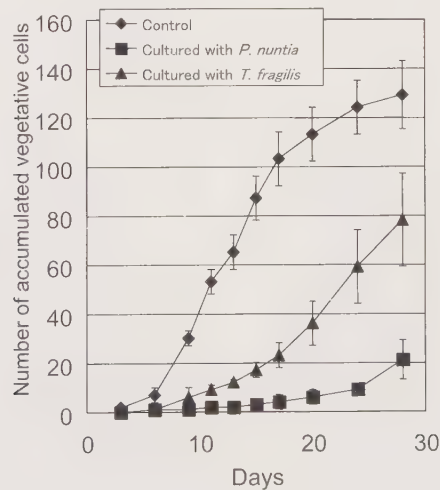


Fig.2. The fluctuation on the accumulated number of vegetative cells of *Alexandrium* spp. in the supernatant water of sediment cultured with *Perinereis nuntia* and *Theora fragilis*.

Table 1. Comparison of the number of cysts in the sediment at the start and the finish (30 days later) of the germination experiment

		Number of cysts (ind. / beaker)	Two-sample t-test
Start		57,734 ± 6,017	
Finish	Control sediment	54,775 ± 2,700	ns $p>0.1$
	Sediment with <i>P. nuntia</i>	50,316 ± 1,914	ns $p>0.1$
	Sediment with <i>T. fragilis</i>	39,375 ± 2,199	$p<0.002$

ns: not significant

速度は3日目以降も低く、24日目までは 0.3~1 cells/day, 24~28日目には3cells/day となった。シズクガイ飼育泥では3日目まで遊泳細胞数は検出されず、6日目以降の増加速度は17日目まで0.3~3cells/day となり、20~28日目までは4.3~5.6cells/day となった。各実験泥における飼育直上水中の累積遊泳細胞数は対照泥が129±11cells, イソゴカイ飼育泥では21±6cells, シズクガイ飼育泥では78±15cells であった。

飼育開始時および飼育終了時における、各飼育区の泥中シスト密度から計算した全シスト数を Table 1に示した。対照泥中のシスト数は、飼育開始時と飼育終了時では有意な差は認められなかった。イソゴカイ飼育泥については、実験終了時のシスト数は対照泥の87%まで減少したが、統計的には有意な差ではなかった。シズクガイ飼育泥については、実験終了時のシスト数は対照泥の68%まで統計的に有意に減少した ($p<0.002$)。

考 察

表層堆積物食者である2種類のベントス、イソゴカイとシズクガイの生息活動が、麻痺性貝毒の原因プランクトンである *Alexandrium* 属シストの海底泥中における鉛直分布および海底泥からのシストの発芽に及ぼす影響を実験的に検討した。二つの実験で設定したイソゴカイおよびシズクガイの密度 (1200~1600 個体/㎡) は、高密度であるが、それぞれ多毛類、二枚貝類の密度とすると、広島湾においては時期によって認められる密度であり、広島湾の二枚貝の大部分はシズクガイである (辻野ら 2001)。

イソゴカイおよびシズクガイ飼育泥における *Alexandrium* 属シストの鉛直分布は、30日目に1-2cm 層のシスト密度の有意な増加が認められた。また、イ

ソゴカイ飼育泥では2cm 層より下層のシスト密度も上昇した。このことから、イソゴカイおよびシズクガイの摂食、排泄、移動等の活動によって、シストは表層から下層へ運ばれること、また、その運搬能力はイソゴカイの方が大きく、より早く深い層までシストが運ばれると考えられた。しかし、60日目における両飼育泥の表層0-1cm のシスト密度は、対照泥の25%余りまで低下したにもかかわらず、1-2cm 層の密度は30日目より低くなり、それより下層においても、30日目のシスト密度以上にはならなかった。したがって、イソゴカイ、シズクガイの活動によって表層のシストは下層へ運ばれるが、それ以上に、表層0-2cm のシストが、何等かの要因によって減少したと考えられた。

シズクガイ飼育泥におけるシスト数の減少は、これまでに行った実験においても認められた現象であり、10日間の飼育でも認められたことから、表層堆積物食者であるシズクガイ (Imabayashi and Tsukuda 1984) がシストを摂食することにより、その一部が消化されると考えられた (Tsujino and Uchida 2004)。したがって、シズクガイの活動がシストに及ぼす影響は、摂食、排泄や移動による鉛直的運搬よりも、摂食・消化による直接的作用の方が大きいと推察された。

イソゴカイ飼育泥における *Alexandrium* 属シスト数の減少は、これまでの実験では確認されておらず、10日間の飼育では有意な差は認められなかった (Tsujino and Uchida 2004)。本研究においても、イソゴカイ飼育泥30日目のシスト数は対照泥のシスト数に対し、有意な差は認められず ($p<0.1$)、60日間の飼育実験において初めて、イソゴカイ飼育泥中のシスト数低下が認められた。シスト発芽実験における、イソゴカイ飼育泥の飼育直上水中の遊泳細胞数は、対照泥よりも有意に少なかったことから、イソゴカイの活動の影響で発芽が促進され、シストが減少したとは考

えにくい。したがって、シスト数低下の原因は、摂食による消化や発芽促進以外の要因の可能性があり、表層堆積物捕食者である（吉田 1972）イソゴカイに摂食され糞中に排泄されたシストが、細菌やウイルス等の微生物の関与によって減少する可能性があるか等、他の要因の検討が必要である（Persson 2000）。

イソゴカイおよびシズクガイ飼育泥直上水中の *Alexandrium* 属の累積遊泳細胞数は、対照泥に対して有意に減少した。このことから、イソゴカイ、シズクガイが底質に生息することによって、シストの発芽が抑制されることが推察された。

発芽実験終了時のイソゴカイ飼育泥中のシスト密度は、対照泥に対して有意な差はなかった。したがって、イソゴカイ飼育泥からの発芽率低下の原因は、泥中シスト数の減少ではなく、イソゴカイの摂食、排泄により糞中に分布するシストの割合が増加し（Tsujino and Uchida 2004）、糞中に包まれた状態のシストは、微弱な照度（ $0.28 \mu\text{mol photons} / \text{m}^2 / \text{s}$ ）では発芽が抑制される（辻野 投稿中）ためと考えられる。さらに、ベントスによるシストの鉛直分布の変化を調べた実験結果から示唆されるように、イソゴカイの活動によって、発芽可能なシストが下層に運搬されたことがシストの発芽を抑制している可能性がある。

発芽実験終了時のシズクガイ飼育泥中のシスト密度は、対照泥に対して有意に低下した（Table 1）。著者らが先に報告したシズクガイによるシスト摂食実験では、シズクガイは $594 \text{ cysts/individual/day}$ の速度でシストを消化する結果がえられた。この消化速度はシストやシズクガイの密度によって変わると考えられるが、本研究での表層0-1cmのシスト密度が30日間で対照の27%にまで低下したことは、表層堆積物食者であるシズクガイの摂食、消化の結果と考えられ、したがって、表層堆積物食者であるシズクガイによって、表層の発芽可能なシストが摂食され減少したことが飼育泥直上水中の遊泳細胞数低下の一因と考えられる。また、本研究においては計数していないが、シスト発芽の促進や、シスト減少の要因を探る手がかりとなると考えられる泥中の空シストの計数が、今後必要と思われる。

Alexandrium 属のような植物プランクトンシストが高密度に分布する沿岸浅海域の泥質には通常多くの多毛類と軟体類の二枚貝が生息する。本研究の結果からイソゴカイやシズクガイの表層堆積物食者は、シスト消化に加えて、糞粒内への包埋や底泥表層に堆積したシストの下層部への運搬によって、シスト数の低減効果や発芽抑制効果を持つことが示された。

謝 辞

本研究に際し、有益な助言をいただいた、瀬戸内海区水産研究所業務推進部長内田卓志博士に厚く御礼申し上げます。

文 献

- Anderson D. M., 1980 : Effects of temperature conditioning on development and germination of *Gonyaulax tamarens* (Dinophyceae) hypnozygotes. *J. Phycol.*, **16**, 166-172.
- Anderson D. M., Taylor, C. D., and Armbrust E. V., 1987 : The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. *Limnol. Oceanogr.*, **32**, 340-351.
- Imabayashi H., and Tsukuda S., 1984 : A population ecology of the small bivalve *Theora lubrica* in northern Bingo-Nada. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1855-1862.
- Perez C. C., Roy, S., Levasseur M., and Anderson D. M., 1998 : Control of germination of *Alexandrium tamarens* (Dinophyceae) cysts from the lower St. Lawrence estuary (Canada). *J. Phycol.*, **34**, 242-249.
- Persson A., 2000 : Possible predation of cysts - a gap in the knowledge of dinoflagellate ecology ? *J. Plankton Research*, **22**, 803-809.
- Persson A., and Rosenberg R., 2003 : Impact of grazing and bioturbation of marine benthic deposit feeders on dinoflagellate cysts. *Harmful Algae*, **2**, 43-50.
- 辻野 睦, Decamp O., 有馬郷司, 小谷祐一, 神山孝史, 内田卓志, 2001 : 有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium* 属増殖期の広島湾における本属シストの分布とベントス群集および底質環境の変化との関係. 日本水産学会誌, **67**, 850-857.
- Tsujino M., Kamiyama T., Uchida T., Yamaguchi M., and Itakura S., 2002 : Abundance and germination capability of resting cysts of *Alexandrium* spp. (Dinophyceae) from faecal pellets of macrobenthic organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **271**, 1-7.
- Tsujino M., and Uchida T., 2004 : Fate of resting cysts of *Alexandrium* spp. ingested by *Perinereis nuntia* (Polychaeta) and *Theora fragilis* (Mollusca). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*,

303, 1-10.

Yamaguchi M., Itakura S., Imai I., and Ishida Y., 1995a : A rapid and precise technique for enumeration of resting cysts of *Alexandrium* spp. (Dinophyceae) in natural sediments. *Phycologia*, **34**, 207-214.

山口峰生, 板倉 茂, 今井一郎, 1995b: 広島湾海底泥における有毒渦鞭藻 *Alexandrium catenella* シストの現存量と水平・鉛直分布. 日本水産学会誌, **61**, 700-706.

Yamamoto M., and Yamasaki M., 1996: Japanese

monitoring system on shellfish toxins. In Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y., (eds), *Harmful and Toxic Algal Blooms*. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris. pp. 19-22.

吉田俊一 1972. イソゴカイの養殖に関する研究Ⅱ. 造巢および摂餌行動について. 水産増殖 **20** (1), 19-24.

吉田俊一 1984. イソゴカイの飼育生態と養殖に関する研究. 大阪水試研究 **6**, 1-63.

水産業活力指標の構築と本指標を用いた我が国水産業の動向分析 および地域活性化方策の検討

玉置泰司*・大谷 誠*

Design of a fisheries vitality index and application for trend analysis of fisheries vitality and revitalization of fishing communities in Japan

Yasuji TAMAKI*, and Makoto OHTANI*

Abstract Japanese fisheries are affected by a general decrease in the number and an aging of fishermen which reduces the vitality of the communities. However, the situation is not clear as there is no generally recognized indicator in Japan for the vitality of a fishing community.

The general aims of this research were:

1. Construction and analysis of a fisheries vitality index

Therefore we extracted 16 indices from a fishery census and devised a "fisheries vitality index" to compare the fisheries vitality and the chronological order of changes for comparison between areas and carried out a diagnosis of fisheries vitality.

2. Devise a diagnostic system of fisheries vitality

We devised a diagnostic system of fisheries vitality by using the "fisheries vitality index". Next using this system, we showed what is required to revive these fishing communities. And we inspected the adjustment between this system and the regional differences at the sample area.

Key words: chief ingredient analysis, fisheries vitality index, revitalization of fishing communities

近年において水産業活力の低下が言われており、たとえば漁業センサスにおける5年ごとの漁業経営体数の動きとして、1998年は△12.2%、2003年は△12.1%と大きく減少していることが指摘されている。2003年における60歳以上の男子漁業就業者の割合は46%と、高齢化は一層進展しており、1993年から1998年の5年間で11の、1998年から2003年の5年間では3つの沿海市町村で漁業集落が消滅している。さらに、将来の見

通しとして、水産基本計画の参考資料においては2012年の趨勢値として沿岸漁業経営体数は6.5万、沿岸漁業就業者数は10.7万人と2003年の約半数になることが予想されている。

しかしながら、それぞれの統計数値が沿海漁業地域の活力をどの程度表しているかは不明であるため、水産業活力を総合的に判断できる指標の構築が求められていた。また、地域ごとに異なる活性化方策を明らか

にし、具体的な施策に反映するためには、地域の特徴も把握可能な指標の構築が必要である。

これまでに行われた指標構築にかかわる研究において、地井（1975）は4地域の92漁業集落の現地調査に基づいて、生活施設充足度、生産施設充足度、漁業生産額比率、漁業就業人口比率の4つの指標から構造類型分析座標を作成したが、前者の2指標の数値は既存の統計資料からは把握できず、現地調査かアンケート調査が必要であった。

水産庁漁港部（1980）は、統計指標とアンケート調査をもとにカテゴリーデータを作成して数量化Ⅲ類による多変量解析を行い、247漁村（漁港地区）を生産軸と環境軸の指標に基づいて9類型に分類し、類型毎の整備課題を示したが、カテゴリーデータを用いているため、統計数値の差（間隔）が無視される部分がある。

玉置（2001, 2002）は、地域社会経済関係6指標と漁業関係6指標からなる合計12指標の市町村データを主成分分析し、「経済活力」を表す主成分と「漁業活力」を表す2つの主成分得点を用いて我が国沿海市町村を5つの類型に区分するとともに、類型ごとの活性化方策を提言したが、水産加工業や流通業など漁業以外の水産業に係る指標が含まれていなかった。

このように、広範な統計指標を用い地域の総合的な水産業の活力等を求め全国市町村を分析した事例はほとんどない。一方、農業分野においてはこれまで多くの研究が行われている。

農林漁業金融公庫（1992）は、農家構成、土地の利用状況、労働力の保有状況、機械の整備状況、農業生産力などを表す農業関係8指標と、地域の活力、社会的発展度合い、自然条件などを表す社会経済関係9指標を用い、これら17の指標を主成分分析して農業活力と経済活力2つの主成分を抽出し、両主成分得点をもとにしたクラスター分析から全国の市町村の類型化を行った。ここでは類型化に基づく若干の事例分析を行っているものの、類型化の目的は、「各類型ごとに農業的諸条件と経済的諸条件に見られる特色を把握し、同一類型における他の市町村との比較などを通じて、それぞれの市町村が持つ諸条件に強く影響している要因を把握することが可能である。」「地域の現状を知るととどまらず、将来の方向性を探ることが可能である。」と検討素材の提供を行うにとどまっている⁽¹⁾。

小泉（2000）は、農林漁業金融公庫によるこの地域活力度17指標に、さらにpH、BOD、CODなど水質

関係指標7指標を加えた24指標について都道府県単位で主成分分析を行い、農業活力、経済活力、水質環境度の3つの主成分を抽出した。そして農業農村整備事業の実施がこれらの主成分にどのように影響を与えたかという時系列的な事例分析から、3次元による事業効果把握の指標として用いている⁽²⁾。ただし、水質関係指標は各県の一級河川の下流における水質データのみの年間平均値を用いているため、各県の水質を表す指標として代表性があるかどうか疑問がある。

農林水産省の統計情報部（1994）による農山漁村活力分析指標は、指標名に「漁村」という名称が含まれているが、用いられている指標としては農業関係指標18と社会経済関係指標15だけで、漁業関連指標は含まれていない。算出方法は全国を市町村単位でこれら33の基礎指標の偏差値を12の中分類指標すなわち、経済総括、生産性、農業志向、潜在的発展性、生産環境、土地資源、人的資源、社会インフラ、快適性、利便性、活動エネルギー、地域定住ごとに合計し、それに基づいて中分類毎の偏差値を算出し、それらから3つの大分類指標である農業生産、生産環境・資源、農村生活の偏差値を算出し、最後にそれらをまとめて農山漁村活力分析指標として構成している。本指標は地域農業の活性化のための施策を検討する際の参考資料としての活用を意図し、農業地域類型別・農業地域別に特徴の分析を行っている。指標の構成を基礎指標、中分類指標、大分類指標、総合指標とまとめ上げていく手法は、地域の特徴を把握する上で有効な手法であるため、本稿における「水産業活力指標」の計算においても取り入れた。

橋詰（2003）は、全国の農山村市町村について地域定住に関わる11指標、経済活動に関わる11指標、農業生産に関わる12指標、林業生産に関わる9指標を用いて、主成分分析により8つの第1主成分を偏差値化して詳細活力として算出し、次いで合計得点の偏差値化により定住活性度、経済活性度、農業活性度、林業活性度の4つの基本活力を算出し、さらに農林業活性度と産業活性度の2つの集約活力を算出し、最後に総合活力として地域活性度を算出した。そして各活性度（偏差値）に基づきA⁺からEまでの9段階に区分評価し、農業地域ブロックや農業地域類型別の特徴を分析したり、上位市町村の特徴を分析している。そして本指標の目的として各活性度や基礎指標値を様々な地域あるいは近隣市町村と比較することによって、活性化が

⁽¹⁾ のちにこの成果をもとに（財）農林水産長期金融協会編「地域農業活力図鑑」農山漁村文化協会、1996が刊行された。

⁽²⁾ なお、ここでは林野率は経済活力から水質環境度へ移動して解釈しているが、因子負荷量や固有ベクトルでみると水質環境度の主成分への関与は低く、解釈に無理があると思われる。

急務となっている市町村においてどの部門に施策を集中していく必要があるのかヒントを得られるとしている。基礎指標を主成分分析による分析でまとめる手法は、多くの変量が単純化される点で長所があるため、本稿で「水産業活力指標」を計算する際にも取り入れた。

平松（1998）が静岡県内市町村単位でみた農業生産の構造・成果を示す指標と、個別農家単位でみた農業生産の構造・成果を示すこれら農業関係指標13指標と、人口構成、土地利用、産業構造などを示す社会経済関係指標10指標の合計23指標を主成分分析することによって、農業度、経済度、工業マイナス商業度の3つの主成分を抽出し、それらの値をクラスター分析することにより県内市町村を8つに類型化した。そして各類型ごとの特徴の分析と5年間の動向の推移を分析している。指標の使用目的は農業施策の展開を図るために対象とする地域の分類、地域ごとの特徴把握、問題点の抽出、施策の検討を適切に行うためとしている。この中で5年間の動向の推移を比較する際に、それぞれの年次毎に主成分分析を実施している。しかしながらそれぞれの年次で各主成分に占める個別指標の因子負荷量が異なっているため2つの年次の主成分得点を単純に比較するのには無理があると思われた。そこで本稿で「水産業活力指標」を算出する際には、異なった年次のデータを合わせて同時に主成分分析を行うことで、年次間の比較を共通の尺度で行えるようにした。

以上のように、水産分野では指標作成の研究が農業分野に比較して遅れており、水産業活力を総合的に判断する指標がないため、本稿においては、農業分野での指標分析の手法を取り入れることにより、これまで水産分野では明らかになっていない、水産業の総合的な活力と地域の特徴を明らかにすることが可能な「水産業活力指標」を新たに構築した。さらに、「水産業活力指標」の年次間比較及び地域間比較を行い、水産業の動向を明らかにした。

また、これまで水産業活力を判断する指標がなかったことから、地域行政や漁業現場は主観による判断にのみ依存して実施する活性化方策を選択していた。地域の主観は重要であるが、さらに科学的根拠に基づいた客観的な判断材料を加えることによって、地域により適合した活性化方策を選択することが可能になると思われる。そこで、構築した水産業活力指標に基づく地域活力の診断方法を考案するとともに、実施が適当と思われる活性化方策を診断結果と連動させて提示する手順を示した。

試料と方法

緒言で述べたとおり、これまで水産分野で行われてきた指標分析では個別のアンケート調査結果を使用したものや、水産業の中でも漁業に関する指標だけを使用したものが主体であった。本稿では公式統計データのみを用いることと、漁業以外に水産加工業や流通業、さらには都市との交流等の指標も取り入れて、総合的な「水産業活力指標」を構築することとした。このために、市町村にとどまらず漁業地区単位まで指標の計算が可能となるよう、漁業センサスから水産業の活力を判断する基礎となる16の基礎指標を選択した。次に選択した指標を「経済総括」、「生産性」、「発展性」、「背後条件」の4つの中分類指標に区分し、中分類指標については、それぞれの中分類に属する基礎指標の主成分分析を行い、第1主成分得点を中分類の代表値とした。また、「経済総括」、「生産性」、「発展性」3つの中分類指標の偏差値を合計したものを大分類指標「漁業活性」とした。総合指標は、「漁業活性」の偏差値を0.9倍、「背後条件」の偏差値を0.1倍に重み付けし、その合計値に基づいて偏差値を算出した(表1)。なお、主成分分析に際しては、年次別の比較を有意なものとするため、第9次(1993年)、第10次(1998年)及び第11次(2003年)各センサスの各911から913市町村及び各1,944から1,985の漁業地区⁽³⁾からなる合計のべ8,647地域のデータを用いて主成分分析を実施し、第1主成分得点を算出した。

選択した16の基礎指標を中分類毎に説明すると、中分類指標のうち「経済総括」としては、経済指標の基本である労働と資本と生産物を表す指標として、「漁業集落当たり漁業就業者数」、「漁業経営体当たり平均海上作業従事者数」、「漁業集落当たり動力漁船総トン数」、「漁業集落当たり漁獲金額」の4つの指標を用いている。

「生産性」としては、漁業センサスにおいては収入に関する指標は漁獲金額しか得られないので、これを基本として「漁業経営体当たり」、「海上作業従事者1人当たり」、「漁業経営体海上作業従事1日当たり」それぞれの単位当たりの「漁獲金額」という3つの指標から生産性を総合的に把握している。

「発展性」としては、労働力としての後継者確保面から「漁業集落当たり40歳未満男子漁業就業者数」及び「漁業集落当たり40歳未満男子漁業就業者数比率」を用い、経営体における漁業の比重として「1種兼業経営体数比率」を用いた。ここであえて専業経営体数

(3) 沿海市町村及び漁業地区のうち漁業集落を有さない地域、漁業経営体が存在しない地域は除外した。また、漁獲金額がx表示の地域も除外した。

Table 1. 水産業活力指標の構成 (Structure of Fisheries vitality index)

	大分類指標 (Large classification indexes)	中分類指標 (Medium classification indexes)	基礎指標(Basic indexes)
総合指標(Fisheries vitality general index)	漁業活性 (Fisheries vitality)	経済総括 (Economic summation)	漁業集落当たり漁業就業者数(Number of Persons Engaged in Marine Fishery by Fisheries colony)
			漁業集落当たり動力漁船総トン数(Gross Tonnage of powered fishing vessels by Fisheries colony)
			漁業経営体当たり平均海上作業従事者数(Number of maritime workers by a Fishery Enterprise)
			漁業集落当たり漁獲金額(Fishing Value by Fisheries colony)
		生産性 (Productivity)	漁業経営体当たり平均漁獲金額(Fishing Value by a Fisheries Enterprise)
			海上作業従事者1人当たり漁獲金額(Fishing Value by a Maritime worker)
			漁業経営体海上作業従事1日当たり漁獲金額(Fishing Value per day by a Fisheries Enterprise)
		発展性 (Development)	漁業集落当たり40歳未満男子漁業就業者数(Number of male Persons under 40 years old Engaged in Marine Fishery)
			40歳未満男子漁業就業者数比率(Ratio of under 40 years old male Persons Engaged in Marine Fishery)
			1種兼業経営体数比率(Ratio of Fishermen on a side job mainly fisheries)
			漁業経営体平均海上作業従事日数(Maritime working days per a Fishery Enterprise)
			漁業集落当たり漁獲金額1千万円以上経営体数 (Number of Fishery Enterprise, fishing Value over 10 million yen by fisheries colony)
		背後条件(Background condition)	漁業集落当たり水産加工場従業員数(Number of fish processing workers by fisheries colony)
			漁業集落当たり冷蔵能力(Cold strage capacity by Fisheries colony)
			漁業集落当たり買受人従業員数(Number of workers of Fishing buyers by fisheries colony)
			漁業集落当たり遊漁案内利用者数(Number of Sport fishermen who used sport fishermen's guide by fisheries colony)

Note) Data Source: Fisheries Census

比率を用いなかったのは、近年高齢専業経営体が増加しており、これらを発展性として評価することを避けるためである。そして漁場の海況条件を示す指標として「漁業経営体平均海上作業従事日数」を用い、漁場の漁業生産力を評価するために「漁業集落当たり漁獲金額1千万円以上経営体数」を用いた。

「背後条件」としては、加工流通規模を表す指標として、「漁業集落当たりの水産加工場従業員数」、「冷蔵能力」、「買受人従業員数」の3つの指標を用い、都市との交流度合についてを表す指標として「遊漁案内利用者数」を用いている。これらの指標のうち、「水産加工場従業員数」と「買受人従業員数」についてはサンプル数の関係からx表示になっている漁業地区が

多かったのも、それらの地区については水産加工場数や買受人業者数をもとに市町村合計値の按分等により推計した値を用いている⁽⁴⁾。

なお、全国合計値及び海区別の指標数値は、8,647地域のデータを用いて第1主成分得点を算出した時の固有ベクトルの数値及び8,647地域のデータの平均値、標準偏差に基づいて算出した。

以上で求めた「水産業活力指標」（総合指標と中分類指標）について、時系列的な変化及び地域的な特徴を検討した。

また、地域行政や漁業現場へ漁業地域の活性化に向けた指針を提供することを目的として、水産業活力指標を用いた活力診断方法と活力診断と連動した活性化

¹⁾東京都については都区部と島嶼部の規模の違いから、単純に企業体数で按分すると島嶼部が過大評価となるため、便宜的に1998年のデータを用いた。

方策の提示方法を検討した。

活力診断方法の検討については、水産業活力指標の構成から地域の特徴を細分化して特定することが可能と思われる、中分類指標を用いた活力診断を試みた。活力診断を実施する単位は、地域実態を最も反映することが可能であり地域行政が施策対象として検討しやすいと思われる市町村単位とした。

活力診断と連動した活性化方策の提示方法の検討については、文献レビューを実施して各種の活性化方策を期待される効果ごとに分類した。なお、文献レビューは主な漁業経済関係の研究をカバーするために、関係学会誌である漁業経済研究、地域漁業研究、北日本漁業について実施した。

さらに、活力診断から活性化方策の提示に至る実施手順の確認を目的として、調査事例地域において診断結果及び提示した活性化方策と地域実態との整合性を検証した。調査事例地域としては、水産業が基幹産業であり活性化方策の実施例があることから、日本海の隠岐諸島に位置する島根県西ノ島町を選んだ。

結果及び考察

1. 指標数値の時系列的動向の解析

(1) 全国合計値の20年間の動向

全国合計値について1983年から2003年まで、総合指標及び各中分類指標の標準得点について20年間の経年変化を計測した結果、総合指標は一貫して低下している(図1)。

中分類指標では「発展性」が最も低下しているが、これは、40歳未満漁業就業者が集落当たりの人数でも漁業就業者に占める比率でも下落したためである。「経済総括」の低下は、漁業就業者数と動力漁船総トン数の減少の影響が大きい。「生産性」は、漁労機器や技術の進歩により93年に若干上昇したが、魚価の低迷等により98年以降若干下落した。「背後条件」は93年以降若干上昇したが、これは冷蔵能力の増加の影響が大きい。

以上のように、これらの指標の動きは、総合指標の低下には「発展性」の低下が強く影響していることを示している。つまり、「発展性」指標の低下の原因である、漁業後継者不足とそれによる高齢化の進展が、我が国水産業の活力低下の原因として大きく影響しているという状況を示している。

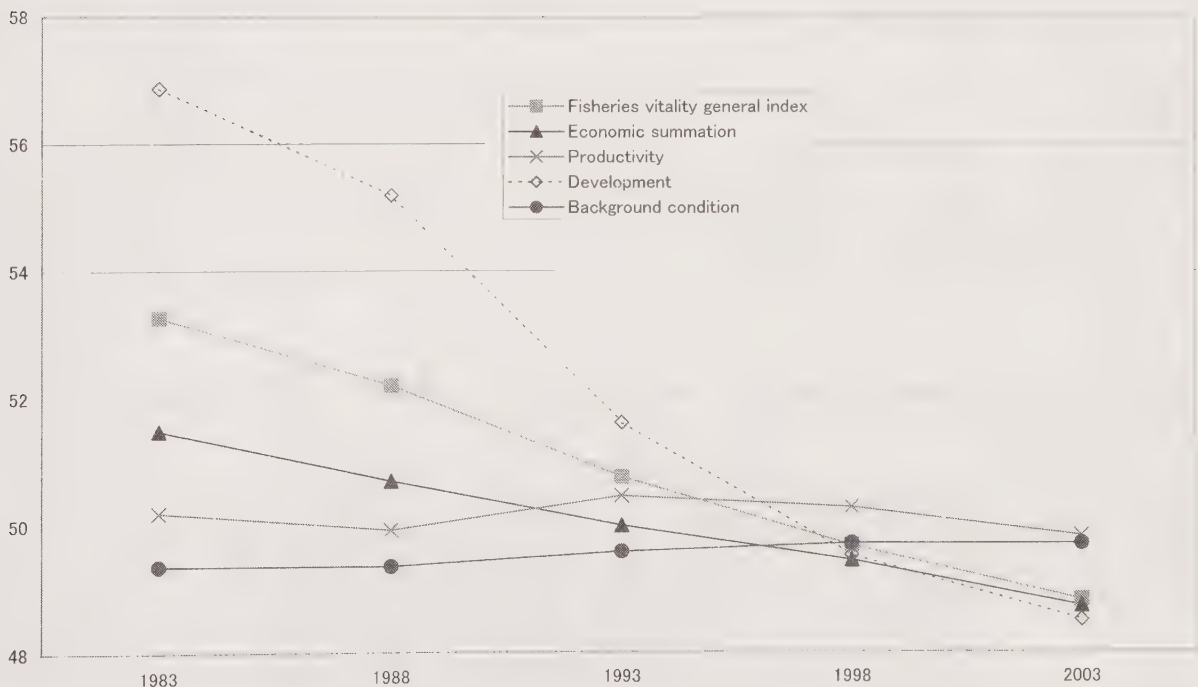


Fig. 1. Change of a Fisheries vitality index(average of Japan)

・1993年以降2003年までに統合・合併が行われた市町村については、2003年の行政区分に合わせて指標数値の再計算を行った

(2) 沿海市町村の最近10年間の動向

次に3カ年連続してデータを取ることができた887の沿海市町村⁽⁵⁾の1993年以降の総合指標の動きを見ると、2カ年連続で活力が増加した市町村は64だけであり、このことから活力の上昇を維持することは困難であることがうかがえる。なお、このうち2003年の総合指標が平均(50)以上であった市町村は24のみであり、特に上位の階層に於いて活力の上昇維持が困難であることが明らかとなった。

さらに、1998年から2003年までの最近5年間の活力の動きを総括すると、69%もの市町村で総合指標が低下した。中分類指標で見ると背後条件は42%の市町村で上昇したが、発展性では36%、生産性では32%、経済総括では25%の市町村しか上昇しなかった(表2)。2003年において総合指標が平均以上であり、なおかつ5年間で総合指標がアップした市町村はわずか11%であった。3カ年ののべ8,647地域のデータ平均値50

を上回る市町村は、93年は42%であったが、98年は35%に、そして2003年には30%にまで減少した(表3)。このように近年になるほど活力の低下が著しい傾向を把握することができた。

2. 水産業活力によるランク分けと特徴

総合指標の得点別に、60以上を「活力上層」、50(平均値)以上60未満を「活力高位」、45以上50未満を「活力中位」、45未満を「活力低位」とした。2003年の1944漁業地区をこのランクで分類し、主要な統計数値から特徴を検討した(表4)。

これによると、「活力上層」は漁業地区数では全体の5%を占めるだけだが、動力漁船トン数では全体の1/3を占め、漁獲金額でも約3割を占めている。漁業就業者数は1割を超えそのうち24歳未満の男子漁業就業者数では2割を超えている。さらに漁業世帯員数も1割を超えている。この他、水産物直販店年間利用

Table 2. 同一市町村の1998年から2003年への変化 (Change of Fisheries vitality indexes from 1998 to 2003)

	上昇市町村数 (Number of rised communities) (比率%)	低下市町村数 (Number of failed communities) (比率%)
総合指標 (Fisheries vitality general index)	279 (31.5%)	608 (68.5%)
経済総括 (Economic summation)	221 (24.9%)	666 (75.1%)
生産性 (Productivity)	288 (32.5%)	599 (67.5%)
発展性 (Development)	320 (36.1%)	567 (63.9%)
背後条件 (Background condition)	374 (42.2%)	513 (57.8%)

Table 3. 沿海市町村の水産業活力の推移 (Change of Fisheries vitality general index)

(単位: 市町村 (%)) (Number:Communities (%))

総合指標 (Fisheries vitality general index)	1993	1998	2003
60~	56 (6%)	55 (6%)	35 (4%)
50~60	323 (35%)	267 (29%)	237 (26%)
45~50	383 (42%)	389 (43%)	401 (44%)
~45	151 (17%)	202 (22%)	238 (26%)
Total	913 (100%)	913 (100%)	911 (100%)

客数は1/4を占めており、水産業活力が高い地域では直販店の集客力が高いことがわかる。

「活力高位」は漁業地区数ではほぼ1/4を占めている。一方、漁獲金額では全体の44%を占める。また、漁獲金額2000万円～10億円の経営体数の5割以上を占めている。動力漁船隻数はほぼ1/3を占めているが、無動力船隻数では1/2を占める。

「活力中位」は、漁業地区数では約4割を占めるが、漁獲金額では23%を占めるにとどまっている。一方、遊漁案内業及び民宿を兼業する経営体数は5割以上がこの階層にあり、海釣り公園や過去1年間の船釣り遊漁者数の5割以上がこの階層にある。

「活力低位」は、漁業地区数では約3割を占めるが、漁獲金額では5%を占めるにすぎない。一方で漁村体験開催回数では5割以上を占めており、漁村としての特徴を活かした取り組みが行われているものと思われる。また、活力低位の漁業地区のうち、埋め立てなしの漁業地区が72%残されており、豊かな自然が残っていることは評価できる。

これらの状況を見ると、「活力上層」及び「活力高位」の漁業地域は水産業の本来機能である水産物の安定供給に重要な役割を果たしており、「活力中位」及び「活力低位」の漁業地域は都市との交流等の水産業の多面的機能において重要な役割を果たしていることがわかる。また、高齢漁業者が多いこれらの地域は高齢者に

健康な就業の場を与えているという見方もできよう。

3. 指標数値の地理的特徴

各海区別の水産業活力指標の推移を見ると、総合指標は各海区とも一貫して減少している（図2）。北海道区、太平洋北区・中区・南区は、1983年以降引き続き全国平均を上回っている。一方、東シナ海区、瀬戸内海区、日本海西区・北区は、1983年以降引き続き全国平均を下回っている。

北海道区は1988年以降最も活力が高い海区となっており、2位以下との差も開いてきている。日本海北区は1983年以降一貫して活力が最も低い海区となっている。瀬戸内海区は1993年以降日本海西区より活力が高くなっている。

中分類指標の推移を海区別に見ると、経済総括は総合指標とほぼ同様の動きだが、太平洋北区の値が北海道区を上回っている（表5）。発展性では、日本海北区が2003年に若干上昇して日本海西区を初めて上回った。生産性は、瀬戸内海区が低位ながらも上昇傾向にある。一方、東シナ海区と日本海北区は2003年に大きく低下した。太平洋南区は1993年以降最上位にある。背後条件は、太平洋中区が著しく他に比べて高い値となっている。日本海西区は2003年に大きく低下した。

2003年時点の水産業活力の地域間比較では、北海道オホーツク海側に活力上層の市町村が多く分布し、九

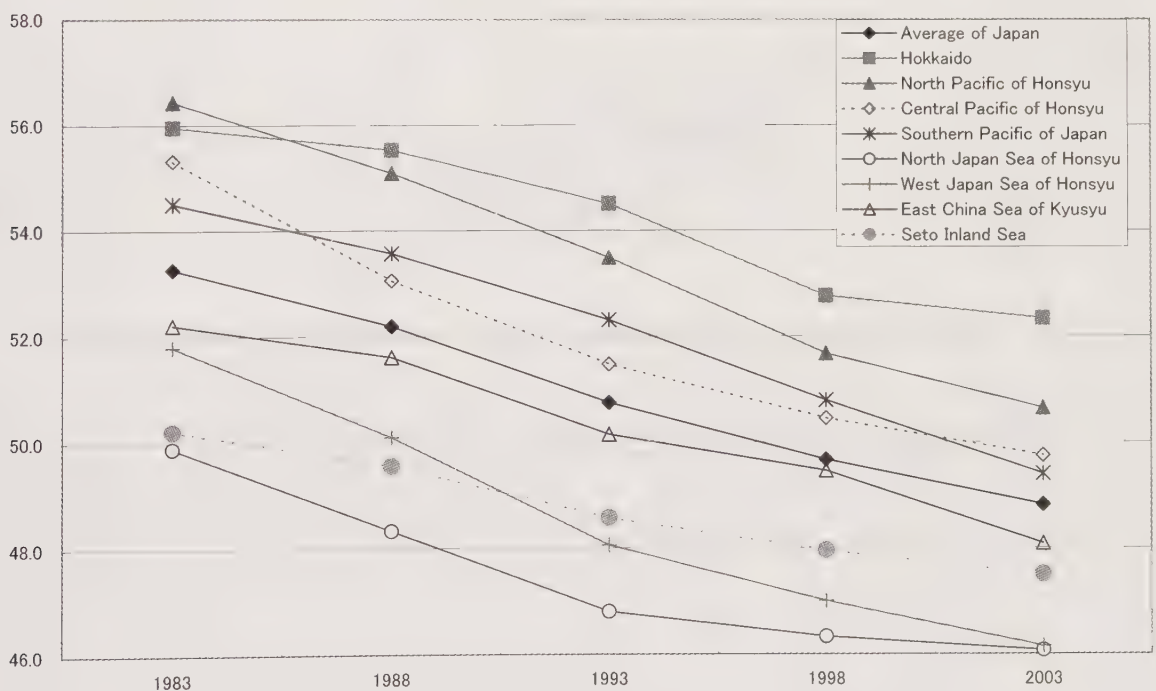


Fig.2 Change of a Fisheries vitality general index (by marine ward)

Table 5. 水産業活力指標の海区別推移 (Change of fisheries vitality indexes by marine ward)

総合指標 (Fisheries vitality general index)	Total	Hokkaido	North Pacific of Honsyu	Central Pacific of Honsyu	South Pacific	North Japan Sea of Honsyu	East Japan Sea of Honsyu	East China Sea of Kyusyu	Seto Inland Sea
1983	53.3	56.0	56.4	55.3	54.5	49.9	51.8	52.2	50.2
1988	52.2	55.5	55.1	53.1	53.6	48.3	50.1	51.6	49.6
1993	50.7	54.5	53.5	51.5	52.3	46.8	48.1	50.1	48.6
1998	49.7	52.8	51.7	50.4	50.8	46.3	47.0	49.5	48.0
2003	48.8	52.3	50.6	49.7	49.4	46.1	46.1	48.1	47.5

経済総括 (Economic summaton)	Total	Hokkaido	North Pacific of Honsyu	Central Pacific of Honsyu	South Pacific	North Japan Sea of Honsyu	East Japan Sea of Honsyu	East China Sea of Kyusyu	Seto Inland Sea
1983	51.5	53.2	53.6	54.7	51.8	49.6	50.7	50.2	49.5
1988	50.7	52.6	53.0	52.4	51.3	48.7	49.7	49.7	49.1
1993	50.0	52.0	52.6	51.0	50.9	48.0	48.5	49.2	48.4
1998	49.4	51.0	51.7	50.3	50.2	47.7	47.9	49.0	48.1
2003	48.7	50.6	51.0	49.8	49.4	47.4	47.1	48.1	47.7

生産性 (Productivity)	Total	Hokkaido	North Pacific of Honsyu	Central Pacific of Honsyu	South Pacific	North Japan Sea of Honsyu	East Japan Sea of Honsyu	East China Sea of Kyusyu	Seto Inland Sea
1983	50.2	52.0	51.8	51.7	50.9	49.5	50.3	49.2	47.8
1988	49.9	51.8	51.3	50.5	50.9	49.0	49.6	49.2	48.1
1993	50.4	52.2	51.6	50.8	52.3	49.3	49.6	49.9	48.5
1998	50.3	51.6	51.1	50.0	52.0	49.6	49.4	50.2	48.7
2003	49.8	51.2	50.4	50.0	51.7	48.2	49.3	49.2	48.7

発展性 (Development)	Total	Hokkaido	North Pacific of Honsyu	Central Pacific of Honsyu	South Pacific	North Japan Sea of Honsyu	East Japan Sea of Honsyu	East China Sea of Kyusyu	Seto Inland Sea
1983	56.9	60.0	61.1	56.6	59.4	51.1	53.8	56.9	53.4
1988	55.2	59.7	58.7	54.4	57.5	48.4	51.2	55.8	51.8
1993	51.6	57.3	54.5	51.3	53.2	45.0	47.1	51.8	49.4
1998	49.5	54.3	51.2	50.0	50.3	43.6	45.2	49.9	48.1
2003	48.5	54.0	50.0	48.8	47.8	44.7	44.1	48.2	47.4

背後条件 (Background Condition)	Total	Hokkaido	North Pacific of Honsyu	Central Pacific of Honsyu	South Pacific	North Japan Sea of Honsyu	East Japan Sea of Honsyu	East China Sea of Kyusyu	Seto Inland Sea
1983	49.4	50.1	49.9	52.1	48.3	48.6	49.1	47.9	49.6
1988	49.4	50.2	50.0	52.0	48.3	48.7	49.3	48.0	49.6
1993	49.6	50.3	51.0	52.4	48.3	48.5	49.2	48.2	49.9
1998	49.7	50.4	51.2	53.2	48.4	48.7	49.3	48.2	49.7
2003	49.7	50.4	50.8	52.6	48.1	48.7	48.3	48.3	49.5

州には活力高位の市町村が多い（図3）。一方、瀬戸内海は活力中位と活力低位の市町村が多く、日本海北部には活力低位の市町村が多いなど地理的特徴がある。これらの地理的状況は、主として漁場の条件によって異なるものと考えることができる。

4. 活力診断の実施手順の構築

(1) 活力診断の方法

市町村を単位として中分類指標を用いて活力診断を試みた具体的な例を示す（図4）。2003年の宮城県塩釜市の場合、総合指標の指数は62.3と「活力上層」の水準であるが、中分類指標に基づいて活力診断を行うと、発展性のみ49.0で低位という特徴が見出された。

また、他の市町村で同様に活力診断を試行しても、塩釜市と同様に地域の特徴をより細分化して抽出することができた。すなわち、水産業活力指標を用いた漁業地域の活力診断は、市町村を単位として中分類指標を用いて活力診断を実施することで可能となることが明らかになった。

(2) 活性化方策の提示

これまでに各地域で実施されている各種の活性化方策について、期待される効果を文献レビューに基づいて特定し、中分類指標ごとに類型化した（表6）。

具体的な文献レビューの方法は、各々の文献において、「実施した活性化方策」、「実施機関」、「実施の目的」、「得られた効果」を抽出した。この際の留意点と



Fig.3. Fisheries vitality general index levels by communities in 2003

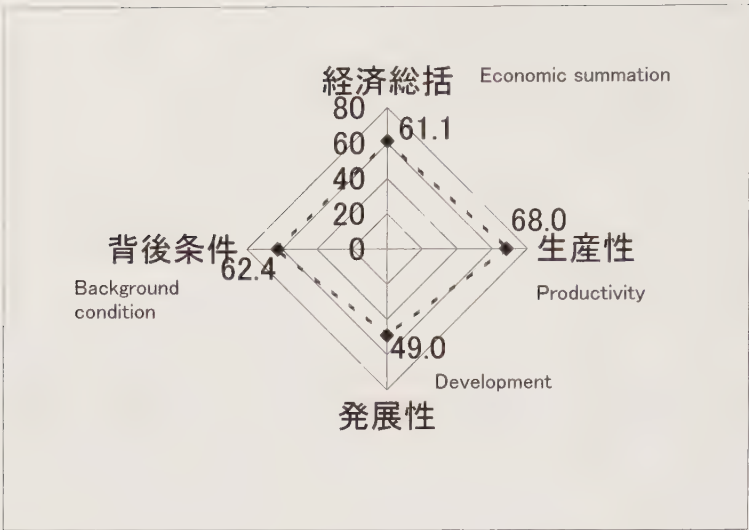


Fig.4. An example of a vitality diagnosis by means of a medium classification index (Siogama-city, Miyagi Prefecture in 2003)

Table 6. 中分類指標に対応した活性化方策 (Measure of Increasing Fishery Vitality Corresponding to Medium classification indexes)

中分類指標 (Medium classification indexes)	活性化方策 (Measure of Increasing Fishery Vitality)	具体例 (Example)
生産性 (Productivity)	資源管理手法 (Resources Management)	種苗放流 (Seeding Liberation)、漁場利用規制 (Management of Fishing Ground)
	漁業経営改善策 (Improvement of Fishery Management)	共同経営、プール制 (Joint Management or Pool System)、漁種の複合化 (Composition of Fishing Method)
発展性 (Development)	担い手確保策 (Insurance of new Fishery Operators)	新規参入の受入 (Finding New Operators From Out of Fishing Village)、後継者への 体験漁業 (Making Experience about Fisheries)
背後条件 (Background condition)	市場・流通の整備 (Preparation of market and Distribution)	産地市場の統合 (Integration of The Market in Production Area)、漁獲物ブランド 化 (Making Brand of Marine product)、直売場開設 (Making Direct Sale Place)
	都市との交流 (Interchange Personnel between Fishing Area and Urban Area)	海洋性レクの利用 (Operation of Marine Recreation)、遊漁の推進 (Starting Sport Fishing Guide Business)
経済総括 (Economic summation)	総合的な対策を要するため、重点的な具体策は未特定 (General Measure)	

して、第一に、「実施機関」は全国的な施策でなく、漁協単位より小さい規模で実施される活性化方策に限定した。これは、活力診断の目的が地域の特徴を細分化して把握し、その特徴と適合した活性化方策を提示することにあるためである。ただし、国や自治体からの補助金を利用して実施した分については、現在も中

核的漁業者協業体支援事業のような地域漁業のサポート的補助金があることから、レビュー対象とした。また、「得られた効果」についても同様に活性化方策を実施した地域内への効果を対象とした。一般消費者や都市住民への影響も間接的に重要と理解されるが、今回は対象外とした。

第二に、「得られた効果」については、中分類指標を構成する個別指標の項目ごとに抽出した。これは、活性化方策の機能をより具体的に把握するためである。また、活性化方策は、一つの効果が他の部分に波及して効果を及ぼすことが多い。例えば、平均海上作業日数の増加が漁獲金額の向上につながる場合である。このため、活性化方策の機能は複雑化するが、今回は可能な限り第一にもたらされた効果の把握に努めた。

第三に、中分類指標に応じた類型化を実施する際には、「実施の目的」ではなく「得られた効果」から分類した。これは、「実施の目的」に事業の予算上の都合に影響を受けたものが見られること。さらに、目的の効果が得られなかったり、逆に目的外の波及効果をもたらされたりする場合があることによる。

以上の結果、活力診断によって生産性が課題であるとの結果が得られた地域の場合には、実施する活性化方策として資源管理体制の構築や漁業経営の改善に向けた取組の強化が、発展性が課題の地域の場合には、漁業外部からの新規参入の受入や地域の若年者へ体験漁業機会を創設することなど担い手確保策が有効であることが判明した。背後条件に対応した活性化方策としては、市場や流通経路の整備や都市との交流の推進などが提示された。なお、経済総括に関しては、総合的な指数であるため具体的な活性化方策は特定できなかった。

(3) 実態との整合性の検証

(1)(2)で構築した活力診断の方法及び提示した活性化方策が地域実態と整合しているか否かの検証を、島根県西ノ島町を対象として実施した。

2003年の島根県西ノ島町における総合指標は45.8と「活力中位」にある。中分類指標に基づいて診断すると、経済総括指数47.8、生産性指数51.3、発展性指数40.9、背後条件指数47.5と、生産性は全国平均を上回る水準だが、発展性及び背後条件が低位で活性化方策を要するとの診断結果となった。

2004年9月に実施した現地調査によると、町内の就業者の20.0%が水産業従事者で、水産業は町内の基幹産業となっており、大中型まき網1ヵ統と中型まき網4ヵ統が所属しており生産力の中心を担っている（大谷（2005））。すなわち、生産性が高いという活力診断と、ある程度同じ実態が見られた。また、高齢人口指数が61.5と全国平均28.7を上回り、漁業者を含め過疎

高齢化が著しい。そして、離島部に位置するため交通事情や市場・流通に不利な条件を抱えている。すなわち、発展性及び背後条件が課題という活力診断と地域実態は同傾向であった⁽⁶⁾。これらの結果から、活力診断の結果と地域実態とは一定の整合性があると考えることができる。

なお、当地域では1995年から新規参入者の受入を実施しており、平均年齢30.9才の若年者が90人ほど地域内へ移住して漁業者となっている。この結果、漁業経営体の労務改善や若年者家族の流入が起こるなど効果をもたらされていることが認められた。このことから、発展性に対応した活性化方策としての担い手確保策の有効性も確認できたと考える。

なお、背後条件については、離島部に位置するという地域特性のため制限があることから、対応した活性化方策の実施は困難な状況となっていた。このように、活性化方策は地域特性の影響を受けるため、活力診断結果に加えて地域に備わる諸条件を考慮しなければならない。この点は、地域行政や漁業現場などの実情を詳しく知る者の判断に依る部分となる。

あくまで、一事例地域による検証であり、今後も統計処理と現地調査のフィードバックを繰り返すことで精度を高める必要があるが、現時点では、不備が見られないことから、構築した活力診断の方法及び提示した活性化方策は、地域実態を表すことが可能と考えることができた。このため、水産業活力指標の利用→活力診断→課題の抽出→活性化方策の特定という一連の活力診断手順の有効性が認められる。これに地域実態をよく知る地域行政や漁業現場の者の判断を加えることで、地域実情に見合ったと同時に科学的根拠に基づいた活性化方策の提示が可能になると考えることができる。

文 献

- 地井昭夫, 1975:『自律圏としてみた漁業集落の構造性に関する研究』, 213pp.
- 橋詰 登, 2003:農村地域の活性化状況と市町村の活力診断,「農村経済活性化プロジェクト研究資料第4号 農村活性化の指標と地域資源の活用」, 農林水産政策研究所, pp.1-34.
- 平松久典, 1998:静岡県市町村の主成分分析による類型化と農業の動向, 静岡県農業試験場研究報告, 43, 55-71.

⁽⁶⁾ 具体的な数値は国勢調査及び西ノ島町役場資料より用いた

- 小泉 健, 2000: 外部指標を活用した農業農村整備の評価と地域評価法に関する研究. 農業工学研究所報告, **39**, 65-120.
- 農林漁業金融公庫, 1992: 全国市町村の類型化と地域分析, 長期金融, **73**, 165pp.
- 農林水産省統計情報部, 1994: 農山漁村地域活力分析指標, 農林水産統計報告6-34 (企画-1), 55pp.
- 大谷 誠, 2005: 漁業外部からの新規参入の実態－島根県浦郷地域の事例－, 「沿岸・沖合漁業経営再編の実態と基本政策の検討」平成16年度事業報告書 (東京水産振興会), pp. 219-232.
- 水産庁漁港部, 1980: 漁業地域定住環境整備計画報告書, 197pp.
- 玉置泰司, 2001: 我が国沿海市町村の類型化による活性化方策の検討. 漁業経済研究, **46**(2), 37-58.
- 玉置泰司, 2002: 漁場整備と都市交流による漁村活性化効果に関する研究. 東京水産大学博士号論文, pp.23-42. (玉置泰司, 2003: 漁場整備と都市交流による漁村活性化効果 に関する研究. 水研センター研報, **8**, 35-48)

五ヶ所湾マダイおよびアコヤガイ養殖場における プランクトン群集構造の季節遷移

平川和正^{*1}・坂見知子^{*2}・阿保勝之^{*2}・高柳和史^{*3}・谷村 篤^{*4}

Seasonal succession of plankton community structure in fish and pearl oyster farms of Gokasho Bay, Mie Prefecture, Japan

Kazumasa HIRAKAWA^{*1}, Tomoko SAKAMI^{*2}, Katsuyuki ABO^{*2},
Kazufumi TAKAYANAGI^{*3}, and Atsushi TANIMURA^{*4}

Abstract Seasonal succession in the plankton community was studied based on samples collected monthly from May 2000 to March or April 2001 in the pearl oyster farm (Stn.A) and fish farm (Stn.B) sites of Gokasho Bay, a typical aquaculture ground in central Japan. Chlorophyll *a* in the water-column reached its annual maximum in summer (July) at both stations, but the average value was ca. three times higher at Stn.B (21.4 $\mu\text{g/L}$) than that (7.7 $\mu\text{g/L}$) at Stn.A. The marked summer increase of chl. *a* at Stn.B was due to exclusive predominance of a red tide alga, *Karenia* (= *Gymnodinium*) *mikimotoi*. As a whole, microzooplankton (ciliates) abundance showed its annual maximum in winter (January-February) when mesozooplankton abundance decreased. Copepods were the most abundant mesozooplankton and showed numerically three seasonal peaks at both stations; spring (March-April), summer (June) and autumn (September-October). Major copepod constituents were *Acartia omorii*, *Oithona davisae* and *Paracalanus crassirostris* at both stations. From seasonal changes of biomasses and prey-predator relationships among components of the plankton community, it is assumed that the microbial food chain plays an important role in increasing the *O. davisae* population in the aquaculture ground, especially fish farm site during the stratified summer season.

Key Words : Aquaculture ground, Plankton community, *Karenia* (= *Gymnodinium*) *mikimotoi*, *Oithona davisae*, Microbial food chain

五ヶ所湾は熊野灘に面した半閉鎖性内湾であり、1909年から真珠（アコヤガイ）養殖場として、また1962年からはブリ、更に1970年以降はマダイが加わり魚類養殖場としても高度に利用されている。しかしながら、同時に養殖漁場の悪化による赤潮、貧酸素水塊の発生や魚病の誘発に伴い、養殖業の発展と水産物

の安定供給に資することを目的に1999年に制定された「持続的養殖生産確保法」を契機に、五ヶ所湾魚類養殖場においては漁業者による適正養殖量の設定、生簀の配置や生餌から配合飼料（例えば、エクストールド・ペレット）への転換などが進められている。

このような養殖漁場改善への自主的な取り組みと相

2006年3月23日受理 (Received on March, 23, 2006)

^{*1} 北海道水産研究所 〒085-0802 釧路市桂恋116 (Hokkaido National Fisheries Research Institute, Katsurakoi, Kushiro 085-0802, Japan)

^{*2} 養殖研究所 〒516-0193 三重県度会郡南伊勢町中津浜浦422-1 (National Research Institute of Aquaculture, Minamiise, Mie 516-0193, Japan)

^{*3} 西海区水産研究所 〒851-2213 長崎市多良良町1551-8 (Seikai National Fisheries Research Institute, Taira, Nagasaki 851-2213, Japan)

^{*4} 三重大学生物資源学部 〒514-8507 津市上浜町1515 (Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507, Japan)

まって、五ヶ所湾においては魚類（マダイ）養殖場の浄化機能を適正に評価するうえで、これまでマクロベントスの生態に関する一連の研究成果（Yokoyama, 2002；横山ら, 2002a, b など）が重要な役割を担ってきた。他方、アコヤガイの餌料環境として植物プランクトンの量・質的变化が重要な役割を果たしているにもかかわらず（福島, 1970；Tomaru *et al.*, 2002a, b), マクロベントスと比較するとプランクトンに関する生態学的知見は、赤潮研究（Honjo, 1987；Honjo *et al.*, 1990, 1991；内田ら, 2001）を除けば著しく少なく、本湾におけるプランクトン研究はベントス研究と比べ著しく遅れている。また、生態系と浄化機能との関係についてみると、生態効率が低いことは、環境に放出された栄養塩類や有機物が栄養段階の高い生物群集（系外移出の可能性の高い大型生物）にまで効率よく転換すること、すなわち、浄化機能も高いことを意味する（栗原, 1998）。したがって、ベントス研究の成果にとどまらず、五ヶ所湾におけるプランクトン生態系の構造に関する基礎的知見は、今後アコヤガイ養殖場だけでなく、マダイ養殖場における給餌に伴う有機物フローと生態効率を明らかにしていくために不可

欠である。

本研究では、五ヶ所湾のマダイ（給餌）養殖場およびアコヤガイ（無給餌）養殖場におけるプランクトン食物連鎖構造を把握するため、植物プランクトン、微小動物プランクトンおよびメソ動物プランクトンの出現量と種組成の季節遷移を明らかにすることを目的とした。更に、両養殖場におけるプランクトン群集構造と物理・化学的環境特性を比較することにより、養殖漁場の環境が悪化する貧酸素水塊形成期（成層期）における養殖由来有機物（残餌、糞など）のプランクトン群集への影響とそれに伴うプランクトン食物連鎖構造の特徴について考察した。

試料と方法

太平洋に面する三重県五ヶ所湾において、2000年5月から2001年4月までの期間中、毎月1回 Fig. 1に示すアコヤガイ養殖場の Stn.A（水深：14m）とマダイ養殖場の Stn.B（水深：18m）において以下の調査を実施した。但し、植物プランクトンと微小動物プランクトンの調査は2001年4月には組織運営上の都合によ

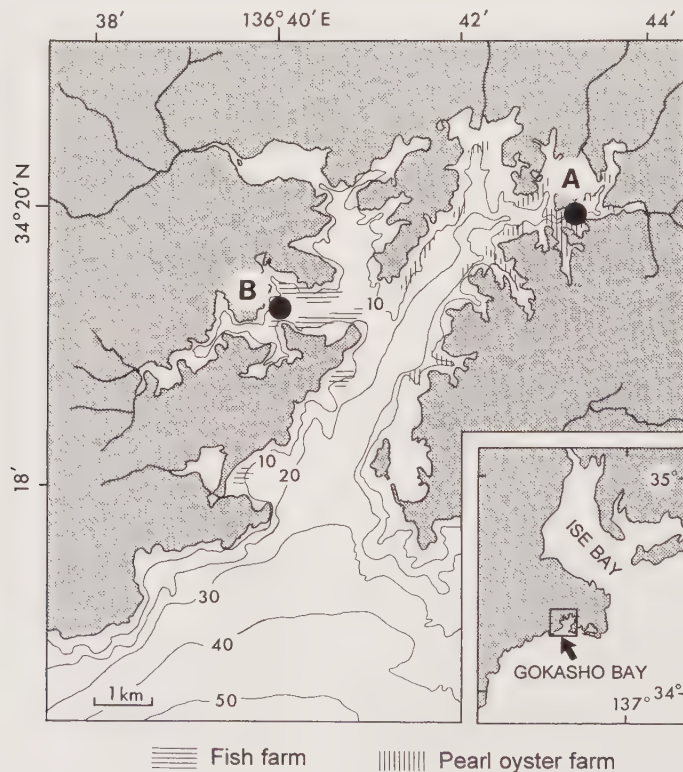


Fig. 1. Map showing the location of Gokasho Bay (lower right panel), and the position of the sampling stations (Stns.A and B) in Gokasho Bay (main panel). Bathymetric contours (10, 20, 30, 40 and 50m) and the areas of the fish farm (horizontal lines) and the pearl oyster farm (vertical lines) sites are also given.

り行えなかった。

植物プランクトン

植物プランクトンの現存量と種組成の月別変化を調べるため、0.5、5と10m深でサイズ別(>20 μm 、2~20 μm 、<2 μm)のクロロフィル a 濃度測定用と細胞計数・種査定用の採水をバンドン採水器を用いて行った。採取した各深度の試水1000mLのうち、200mLを直ちに実験室で直径45mmに切った目合20 μm のネット地を用いてろ過し、このろ液を更に孔径2 μm のヌークレポアフィルター、GF/Fフィルター(孔径約0.7 μm)で順次ろ過した。ろ過後、各フィルターをN-Nジメチルホルムアミドに浸漬して色素を抽出し(Suzuki and Ishimaru, 1990)、クロロフィル a 濃度の測定に供するまで冷凍庫で保存(-20 $^{\circ}\text{C}$)した。クロロフィル a 濃度の測定は蛍光光度計(ターナデザイン社R10)を用いて蛍光法により行った。本研究においては、目合20 μm のネット地上に捕集されたクロロフィル a を>20 μm 画分とし、孔径2 μm のヌークレポアフィルターおよびGF/Fフィルター地上に捕集されたクロロフィル a を各々、2~20 μm および<2 μm 画分とした。また、本研究では、>20 μm 、2~20 μm および<2 μm 画分のクロロフィル a を各々、マイクロサイズ、ナノサイズおよびピコサイズのクロロフィル a 濃度とし、これらサイズ別クロロフィル a 濃度の合計から全クロロフィル a 濃度を求めた。また、残りの試水250mL(2001年2~3月)あるいは500mL(2000年5月~2001年1月)をグルタルアルデヒド(最終濃度:1%)で固定した。植物プランクトンの計数および種査定は、微小動物プランクトン検鏡後、それらの試料を沈殿法により5~8mLに濃縮し、そのうち0.01~0.05mLを生物顕微鏡(400 $\times$)を用いて検鏡し、行った。

微小動物プランクトン

微小動物プランクトン(体長:20 μm ~0.2mm)のうち、一般に優占群となる繊毛虫類を対象としてその現存量と種組成の月別変化を調べるため、濃縮前(冷暗所で保存)の植物プランクトン検鏡用試料(250mLあるいは500mL)を用いて繊毛虫の計数と種査定を行った。

検鏡方法:有鐘目繊毛虫類については可能な限り種の査定を行った。しかし、無殻の少毛目繊毛虫類など収縮または破損によって査定が困難な場合は、大きさと形態によるタイプ分けにとどめた。計数に際しては原則として試料の全量を分析し、個体数の多い種類については適宜分割(1/10~1/50)した。

現存量算定法:種類ごとに細胞またはロリカの長径と短径を生物顕微鏡下(200 $\times$)で実測し(単位: μm)、各種類に近似した回転体として体積を算出した(佐々木ら, 1989)。ただし、有鐘目繊毛虫類についてはロリカ体積の1/2を原形質の体積とした(一戸, 1992)。比重は全ての出現種類について便宜的に1.0とした(Fenchel and Finlay, 1983)。乾燥重量/生物体体積比は、無殻の繊毛虫類では0.15(Fenchel and Finlay, 1983)、また、殻(ロリカ)を持つ有鐘目繊毛虫類では0.1(佐々木ら, 1989)とした。炭素量/乾燥重量比については、生物群によって大きく異なり、生息条件によっても変化することから、様々な生物群の平均的な値の0.4を用いた(Takahashi and Hoskins, 1978)。これらの設定により、種類ごとに細胞あたりの平均炭素量を以下の換算式を用いて算出し、細胞数を乗じて炭素態現存量を推定した。

無殻の繊毛虫類:

$$\begin{aligned} \text{乾燥重量}(\mu\text{g}) &= \text{生物体体積}(\mu\text{m}^3) \times 10^{-6} \times \\ &\quad \text{比重}(1.0) \times \text{乾燥重量/生物} \\ &\quad \text{体体積比}(0.15) \end{aligned}$$

$$\text{炭素量}(\mu\text{gC}) = \text{乾燥重量} \times 0.4$$

有鐘目繊毛虫類:

$$\begin{aligned} \text{生物体体積}(\mu\text{m}^3) &= \text{ロリカの体積} \times 0.5 \text{ (一戸,} \\ &\quad \text{1992)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{乾燥重量}(\mu\text{g}) &= \text{生物体体積} \times 10^{-6} \times \text{比重}(1.0) \\ &\quad \times \text{乾燥重量/生物体体積比} \\ &\quad (0.1) \end{aligned}$$

$$\text{炭素量}(\mu\text{gC}) = \text{乾燥重量} \times 0.4$$

メソ動物プランクトン

メソ動物プランクトン(体長:0.2~2mm)の現存量と種組成の月別変化を調べるため、試料は北原式定量ネット(口径:24.2cm, 網目:0.10mm)を用いて海底上1mから海表面までの鉛直曳きにより得た。ネット口部には濾水計を装着し、ネットを通過する濾水量を算定した。採集試料は約10%ホルマリン海水で固定・保存した。これら試料を1/2~1/64に分割し、各副試料を実体顕微鏡下で分類群ごとにソート・種査定し、個体数を計数した。また、動物プランクトン乾燥重量の測定は大森、池田(1976)の方法を参考に行った。すなわち、試料を60 $^{\circ}\text{C}$ で2時間乾燥後、デシケーターで1時間保管した後、乾重量を測定した。カイアシ類主要属(*Acartia*, *Paracalanus* および *Oithona* 属)の乾重量は各々の属に該当する個体の全長を測定することにより、体長(全長)-体重の関係式(安楽, 1986)を用いて算出した。更に、これらカイアシ類の乾重量から炭素量への換算は乾重量に0.5を乗ずるこ

と(弘田 1981)によって行った。

物理・化学的環境要素

これらプランクトン採集と同時に、海洋の物理・化学的環境特性を明らかにするため、アレック電子社製クロロテック ACL1150-DK を用いて、海面から海底上 1 m まで 1 m 間隔で水温と塩分(電気伝導度より換算)を測定した。また、溶存酸素濃度は溶存酸素計 YSI モデル 58 (YSI 社製)を用いて、海面から海底上 1 m まで 1 ~ 2 m 間隔で測定した。

溶存有機態炭素(DOC)、溶存有機態窒素(DON)および細菌現存量の測定は、Sakami *et al.* (2003)の方法に基づき、植物プランクトンおよび微小動物プランクトン採集と同一深度において行った。

結 果

海洋環境

水温、塩分および溶存酸素の鉛直断面の月別変化(Fig. 2)から、両定点共に春から初秋(4 ~ 9月)には加熱による昇温(>25℃)と河川水の流入による低

塩分化(<33.0psu)が6月および9月にみられた。特に、9月のStn.Aの表面では低塩分化が著しく、塩分は年間を通して最低値(25.22psu)を示した。晩春から初秋(5 ~ 9月)の海洋構造は水温躍層と塩分躍層の形成に伴い顕著な成層構造が発達することで特徴づけられる。しかしながら、両定点共に10月には冷却による鉛直混合が始まり、水塊は翌年春季(3月)にかけて表面から底層までほぼ均一な低温(<20℃)・高塩分(>34.0psu)な水塊によって占められた。この高塩分化は、主に1,2月から4月における外洋水の流入によりもたらされ、Stn.Bの底層ではStn.Aと比べ、水深が4 m 深いため、その影響がより遅く(7月)まで及んだ。また、貧酸素水(溶存酸素:<4mg/L)は両定点共に成層形成期(5 ~ 9月)に同調して底層を中心に発達していた。

細菌現存量および溶存態有機物(DOC, DON)の濃度(0.5, 5および10m 深の平均値)の月別変化をみると(Fig. 3), 細菌現存量は両定点共に晩春(5月)から初秋(9月)に多くなったが、年間を通してほぼStn.AよりStn.Bの方が高かった。特に、5月、7月および9月には他の月と比べて定点間の差違がより顕

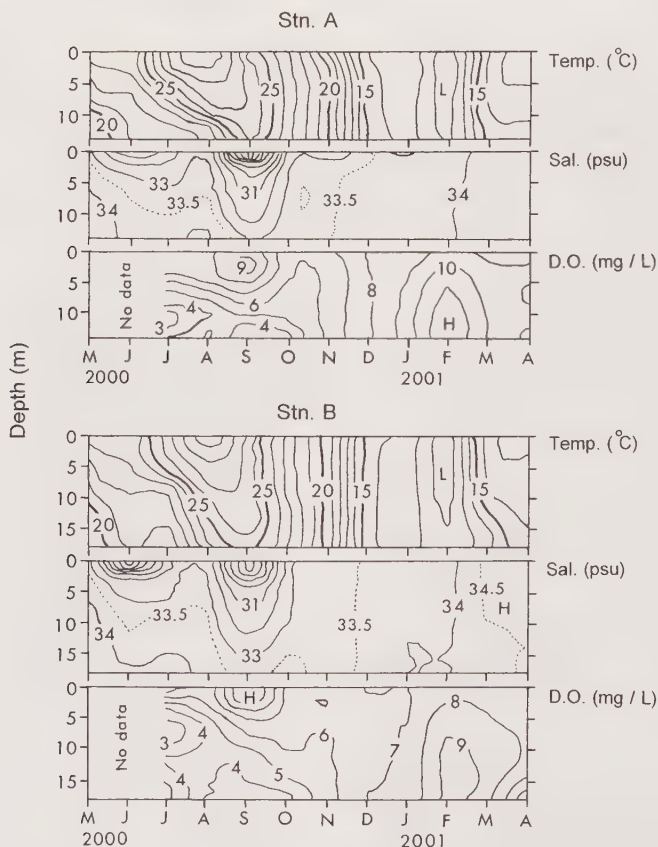


Fig. 2. Seasonal changes in temperature (upper, °C), salinity (middle, psu) and dissolved oxygen (lower, mg/L) at Stns.A and B in Gokasho Bay from May 2000 to April 2001

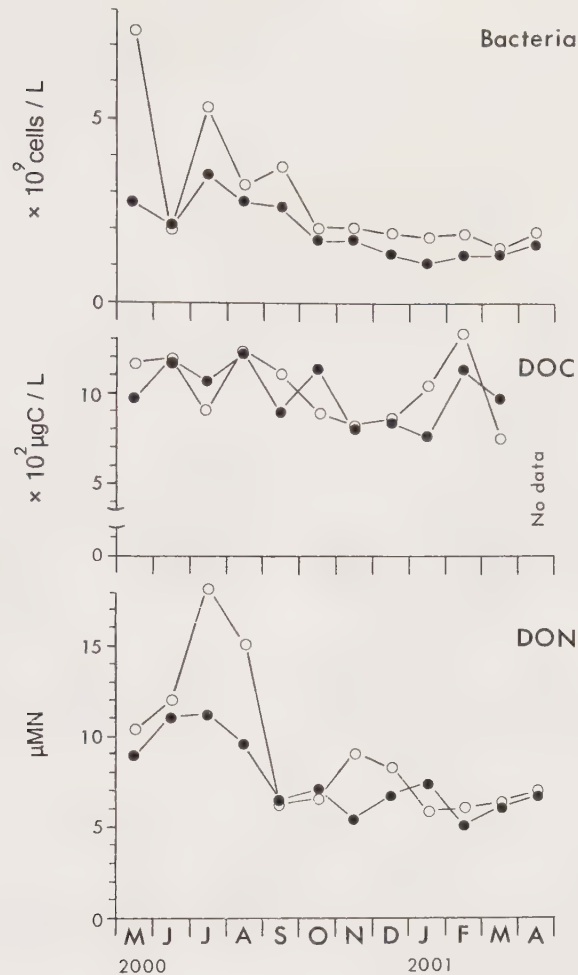


Fig. 3. Seasonal changes in the concentrations of bacteria ($\times 10^9$ cells/L), dissolved organic carbon (DOC, $\times 10^2 \mu\text{gC/L}$) and dissolved organic nitrogen (DON, μMN) averaged through the water column at Stns.A (●) and B (○) in Gokasho Bay from May 2000 to March or April 2001

著になった。溶存態有機炭素 (DOC) の月別変化は、両定点間でそれほど大きな違いは認められなかった。全体として、秋季から12月にかけて減少し、2月に増加する傾向を示した。一方、溶存態有機窒素 (DON) は細菌現存量と同様に年間を通してほぼ Stn.A より Stn.B の方が高かった。特に、夏季 (7~8月) には Stn.A と比べて著しく増加する季節的特徴を示した。

植物プランクトン

クロロフィル *a* 濃度 (0.5, 5および10m 深の平均値) の月別変化 (Fig. 4 上図) を全期間を通しての平均値 (Stn.A: $3.1 \mu\text{g/L}$, Stn.B: $5.6 \mu\text{g/L}$) を基準にしてみると、両定点で共通してみられた平均値以上の濃度は夏季 (7月) と秋季 (9月あるいは10月) に観察され、7月には年間最大 (Stn.A: $7.7 \mu\text{g/L}$, Stn.B:

$21.4 \mu\text{g/L}$) に達した。これらのピークは、いずれも Stn.B の方が Stn.A より高く、夏季ピーク (年間最大) では約3倍を示した。Stn.B では Stn.A と異なり春季ピークはみられなかったが、年平均値以下ではあるものの冬季にもピークが見出された。

クロロフィル *a* のサイズ組成の月別変化 (Fig. 4 下図) をみると、Stn.B では秋・冬季に概してミクロプランクトン ($>20 \mu\text{m}$) が卓越し、10月には全体の68.0%, 2月には50.1%を占め、各々のピークの主要構成群となった。しかしながら、夏季には秋・冬季に比べてミクロプランクトンの出現割合は低下し、7月のピークは主にナノプランクトン ($2\sim20 \mu\text{m}$) によって形成された (全体の79.1%)。他方、Stn.A では Stn.B と同様に秋・冬季にミクロプランクトンが卓越するが、その出現割合は Stn.B と比べて低く、代わっ

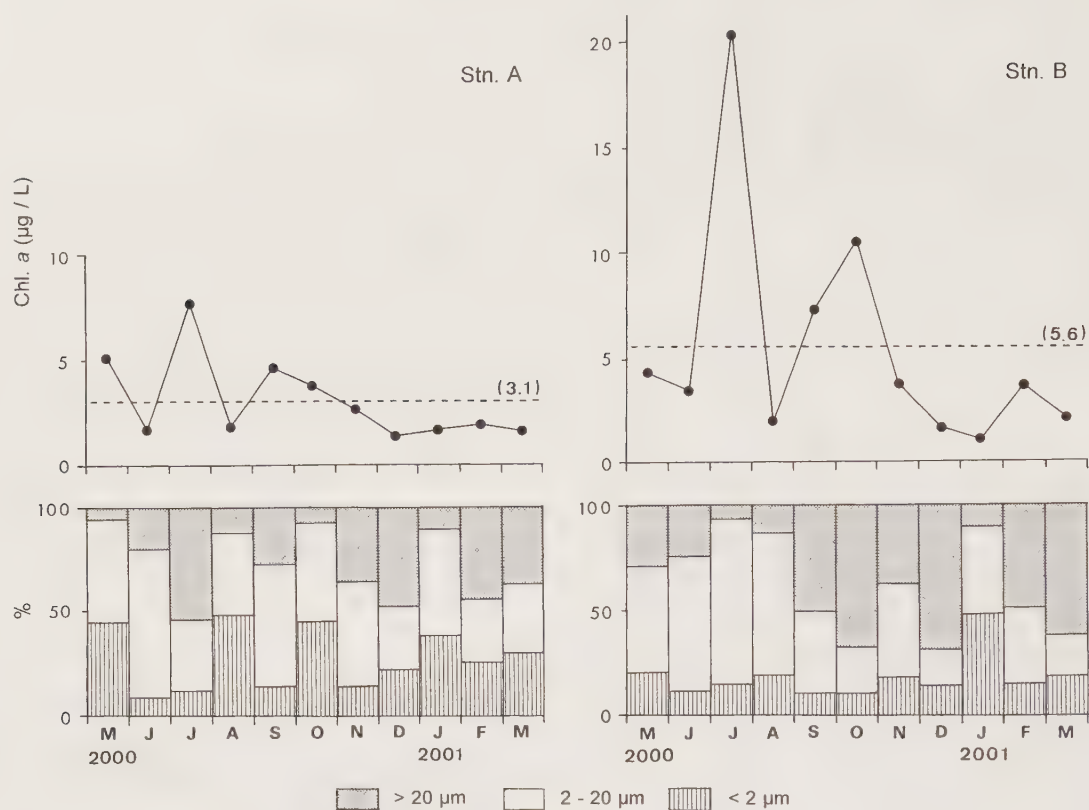


Fig. 4. Seasonal changes in the chlorophyll *a* concentration (upper, $\mu\text{g/L}$) averaged through the water column and their fractional percentage composition (lower) for the three size ranges (< 2 , $2-20$ and $> 20 \mu\text{m}$) at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001. Dotted horizontal lines denote the mean during the study period.

て $20 \mu\text{m}$ 以下のナノおよびピコプランクトンが増加する傾向を示した。夏季（7月）のピークは Stn. B と異なり主にミクロプランクトン（全体の55.3%）によって構成されたが、秋季ピーク（9月）ではミクロプランクトンに代わりナノプランクトンが主要構成群（全体の58.2%）となった。

植物プランクトンの細胞数（0.5, 5および10m 深の平均値）に基づく主要構成群あるいは主要構成種の月別変化を Fig. 5に示した。本研究では、主要構成種とは全期間を通しての植物プランクトン平均細胞密度（Stn. A: 127×10^3 cells/L, Stn. B: 198×10^3 cells/L）以上を記録した月において、各々の種の合計細胞密度が全体の60%以上を占める上位優占種として定義した。Fig. 5から、両定点共に春・夏季には渦鞭毛藻類、秋季には珪藻類が各々卓越したが、Stn. B では Stn. A と比較して両群が細胞数でより多く出現する傾向を示した。全期間・両定点を通して、植物プランクトンは少なくとも63種・群が出現した（Table 1）。それらのうち、主要構成種の月別変化（Fig. 5）をみると、Stn. A

では春・夏季の渦鞭毛藻類は *Prorocentrum dentatum* によって、秋季の珪藻類は *Rhizosolenia fragilissima*（9月）、*Climacodium* spp.（9月）および Pennales（11月）によって占められた。冬季には渦鞭毛藻類 *Prorocentrum triestinum* とその他未査定微小鞭毛藻類が主要構成種となった。他方、Stn. B では夏季の渦鞭毛藻類は専ら赤潮生物種 *Karenia mikimotoi* (= *Gymnodinium mikimotoi*) によって、秋季の珪藻類は *Asterionella glacialis*（9月）、*Chaetoceros* spp.（9～10月）、*Climacodium* spp.（9月）および *Thalassiosira* spp.（9月）によって構成された。また、冬季には *P. triestinum* と珪藻類 *Skeletonema costatum* が主要構成種となった。このように秋季の珪藻類は複数の主要種によって成り立っているが、両定点に共通の主要種は *Climacodium* spp. のみであり、著しく少ないことが分かった。また、冬季においても共通の主要種は渦鞭毛藻類 *Prorocentrum triestinum* のみであった。このように、定点間の主要構成種の類似性は周年を通して低かった。

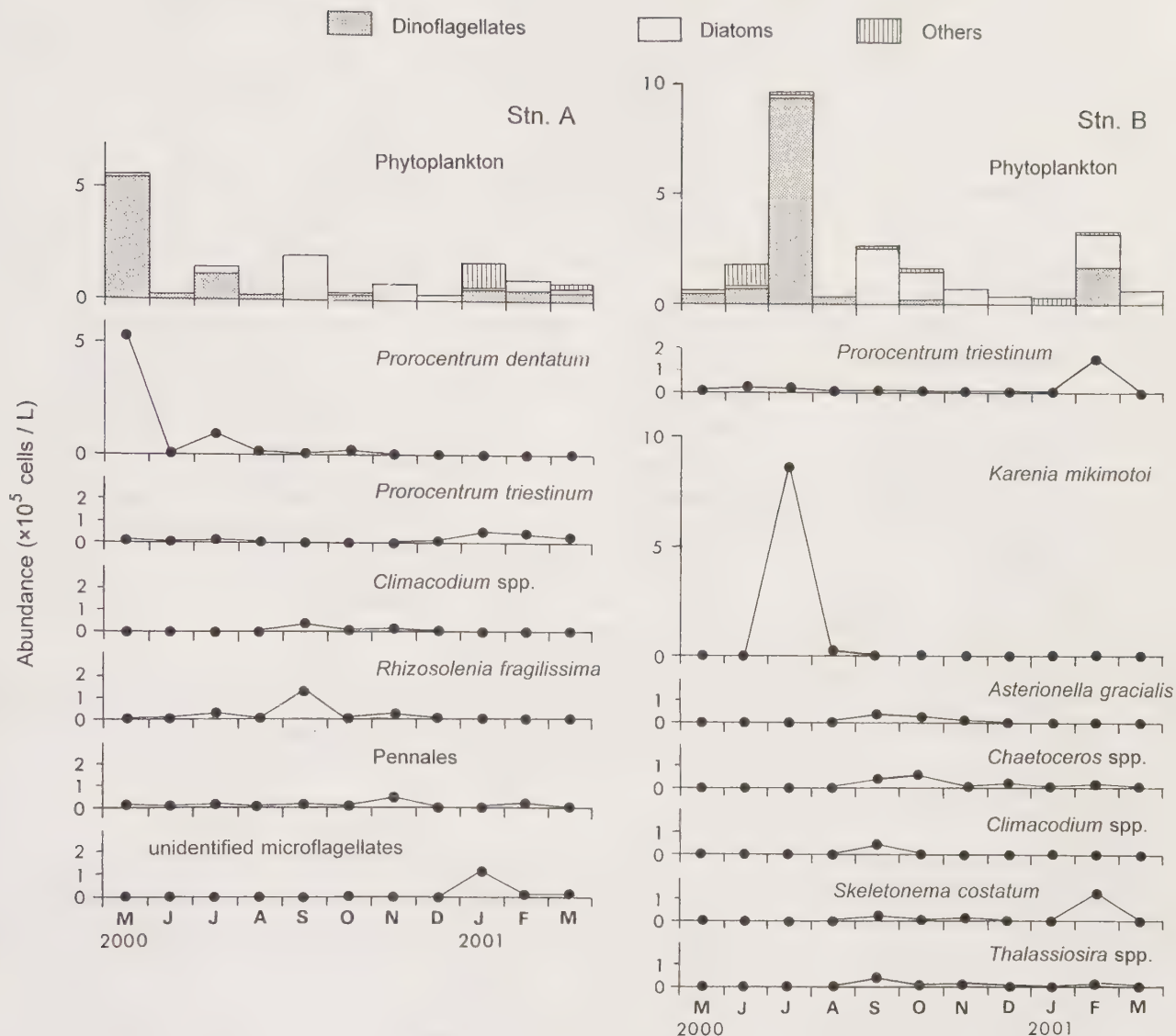


Fig. 5. Seasonal changes in the abundance ($\times 10^5$ cells/L) of three major groups (dinoflagellates, diatoms and others) and the dominant species of phytoplankton averaged through the water column at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001

なお、クロロフィル *a* のサイズ組成からみると、Stn. B の 7 月に卓越したナノプランクトンでは、その主要構成種としてみなされる *Gymnodinium* 属やクリプト藻類などの未査定鞭毛藻類は混在し著しく凝集しているため、各々に分離しての計数は不可能であった。しかしながら、サイズ範囲ではミクロプランクトンの範疇に入る *K. mikimotoi* (平均細胞長: $24.3 \mu\text{m}$, 平

均細胞幅: $22.2 \mu\text{m}$) が量的に多かった。

微小動物プランクトン (繊毛虫類)

繊毛虫類の総個体数 (0.5, 5 および 10 m 深の平均値) の月別変化 (Fig. 6) を全期間を通しての平均値 (Stn. A: 1,172 個体/L, Stn. B: 2,084 個体/L) を基準にしてみると、平均値以上の出現個体数は Stn. A で

Table 1. List of phytoplankton species identified in the pearl oyster (Stn.A) and fish (Stn.B) farms in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001

BACILLARIOPHYCEAE	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	<i>Dinophysis fortii</i>
<i>Asterionella glacialis</i>	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	<i>Karenia mikimotoi</i>
<i>Asteromphalus</i> spp.	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i>	<i>Prorocentrum balticum</i>
<i>Biddulphia</i> spp.	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Prorocentrum compressum</i>
<i>Chaetoceros didymum</i>	<i>Rhizosolenia stoltierfothii</i>	<i>Prorocentrum dentatum</i>
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Prorocentrum gracile</i>
<i>Climacodium</i> spp.	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	<i>Prorocentrum minimum</i>
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	<i>Stephanopyxis</i> spp.	<i>Prorocentrum sigmoides</i>
<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Streptotheca tamesis</i>	<i>Prorocentrum triestinum</i>
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Protoperidinium bipes</i>
<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Protoperidinium pellucidum</i>
<i>Eucampia zodiacus</i>	<i>Triceratium alternans</i>	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Fragilaria</i> spp.	Pennales	Gymnodiniales
<i>Guinardia flaccida</i>	DINOPHYCEAE	Peridinales
<i>Lauderia annulata</i>	<i>Ceratium furca</i>	CHRYSTOPHYCEAE
<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Ceratium fusus</i>	<i>Dictyocha fibula</i> var. <i>stapedia</i>
<i>Licmophora abbreviata</i>	<i>Ceratium kofoidii</i>	<i>Distephanus speculum</i> var. <i>octonarius</i>
<i>Melosira</i> spp.	<i>Ceratium trichoceros</i>	<i>Ebria tripartita</i>
<i>Navicula membranacea</i>	<i>Ceratium tripos</i>	Others *
<i>Odontella</i> sp. (cf. <i>longicruris</i>)	<i>Dinophysis acuminata</i>	
<i>Rhizosolenia alata</i>	<i>Dinophysis caudata</i>	

* including HAPTOPHYCEAE, EUGLENOPHYCEAE and unidentified micro-flagellates

は夏・秋季（8～9月）および冬・春季（1～3月）に、また、Stn.Bでもほぼ同様に夏・秋季（8月、10月）および冬・春季（1～3月）にみられた。両定点共に冬季（1月あるいは2月）に年間最大に達し、春季には減少する傾向を示した。繊毛虫類は裸口目（Gymnostomatida）、少毛目（Oligotrichida）および有鐘目（Tintinnida）などから成り、両定点を通して少なくとも合計36種が出現した（Table 2）。裸口目、少毛目および有鐘目のうち、少毛目が卓越した。Stn.Aでは秋季に *Laboea* spp.（少毛目）が、また、冬季には *Strombidium* spp.（少毛目）および *Stenosemella* spp.（有鐘目）が、更に、春季には *Mesodinium rubrum*（裸口目）が卓越し、各季節的ピークの主要構成群となった。Stn.Bでは季節的ピークは主として *Strobilidium* spp.（少毛目）、未査定少毛目 Oligotrichida および *Strombidium* spp. の3群より構成された。それらのうち、*Strobilidium* spp. が夏季と冬季に、未査定少毛目 Oligotrichida が秋季に、更に、*Strombidium* spp. が冬季に各々卓越した。こ

のことから、*Strombidium* spp. は両定点において冬季に共通して主要群となったが、夏季には冬季と比べて減少し、Stn. Bでは代わって *Strobilidium* spp. が増加し、主要群を形成した。

メソ動物プランクトン

メソ動物プランクトン総個体数（水柱当たりの平均値）の月別変化（Fig. 7）をみると、Stn.Aにおいては総個体数は夏季（6月）から秋季（10月）および春季（3～4月）に増加した。メソ動物プランクトンのうち、Stn.Aではカイアシ類が毎月における総個体数の58.5（5月）～97.6（6月）%（平均：81.0%）を占め、最優占した。他方、Stn.Bではメソ動物プランクトン総個体数は夏季（6月）から秋季（9月）および春季（3～4月）に増加した（Fig. 7）。12月と4月を除き、カイアシ類が全体の57.9（3月）～96.4（6月）%（平均：81.0%）を占め、Stn.Aと同様に最優占した。12月と4月には、これに代わって尾虫類と底生動物の幼生（主に、二枚貝の浮遊期幼生）が全体の50%以上を占め、

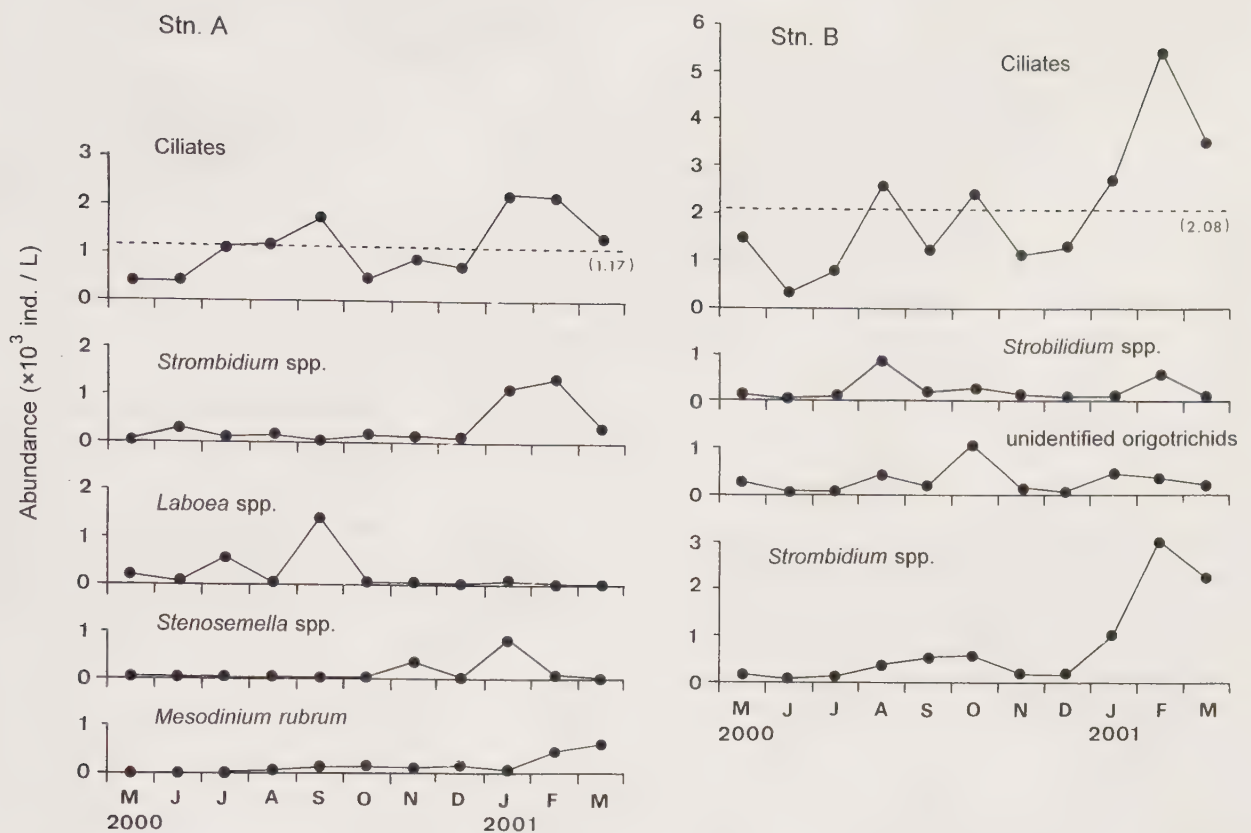


Fig. 6. Seasonal changes in the abundance ($\times 10^3$ ind./L) of ciliates and their dominant species averaged through the water column at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001. Dotted horizontal lines denote the mean during the study period.

Table 2. List of ciliate species identified in the pearl oyster (Stn. A) and fish (Stn. B) farms in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001

Gymnostomatida	Tintinnida	
<i>Mesodinium rubrum</i>	<i>Leptotintinnus nordqvisti</i>	<i>Helicostomella longa</i>
<i>Didinium gargantua</i>	<i>Tintinnopsis aperta</i>	<i>Helicostomella subulata</i>
<i>Tiarina fusus</i>	<i>Tintinnopsis beroidea</i>	<i>Favella azorica</i>
unidentified Gymnostomatida	<i>Tintinnopsis corniger</i>	<i>Favella ehrenbergii</i>
Oligotrichida	<i>Tintinnopsis directa</i>	<i>Favella taraikaensis</i>
<i>Strombidium</i> spp.	<i>Tintinnopsis kofoidi</i>	<i>Amphorellopsis acuta</i>
<i>Strobilidium</i> spp.	<i>Tintinnopsis mortensenii</i>	<i>Dadayiella ganymedes</i>
<i>Laboea</i> spp.	<i>Tintinnopsis radix</i>	<i>Eutintinnus lususundae</i>
<i>Tontonia</i> sp.	<i>Tintinnopsis</i> sp.	<i>Eutintinnus</i> spp.
<i>Lohmanniella</i> spp.	<i>Stenosemella nivalis</i>	<i>Salpingella acuminata</i>
unidentified Oligotrichida	<i>Stenosemella</i> spp.	<i>Salpingella</i> sp.
	<i>Codonellopsis morchella</i>	unidentified Tintinnida
		Others*

* including Heterotrichida and unidentified ciliates

各々最優占した。カイアシ類の両定点を通しての出現種は少なくとも合計25種であった (Table 3)。

このカイアシ類の出現個体数 (水柱当たりの平均値) の月別変化 (Fig. 7) を全期間を通しての平均値 ($10,865$ 個体/ m^3) を基準にしてみると, Stn.A では春季 (4月), 夏季 (6月) および秋季 (10月) の3回にわたりピークを示した。春季ピークは *Acartia omorii* と *Oithona davisae*, 夏季ピークは *O. davisae*, 秋季ピークは *O. davisae* と *Paracalanus crassirostris* によって主として構成された。一方, Stn.B における春季ピークは全期間を通しての平均値 ($12,244$ 個体/ m^3) 以下を示したが, Stn.A と同様に夏季 (6月), 秋季 (9月) および春季 (3月) の3回にわたりピークを示した。また, 各季節的ピークの主要構成種も Stn.A のそれらと同じであった。しかしながら, *O. davisae* の季節変化が両定点間で異なり, Stn.A では年間最大が春季 (4月) にみられたのに対して, Stn.B では夏季 (6月) にみられたことが特徴的である。カイアシ類のノープリウス幼生は, Stn.A では冬季 (12月) と春季 (3月)

月) に, また, Stn.B では秋季 (9月) と春季 (3月) に各々増加し, カイアシ類の季節的ピーク, 主として春季ピークの形成に寄与した。

これら主要カイアシ類3種の2000年5月~2001年4月までの1年間にわたる各月の出現量 (個体数, 現存量) の合計を各定点間で比較してみると (Table 4), *Oithona davisae* は両定点において個体数および現存量共に3種の中で最高を示すとともに, Stn.B ではいずれも Stn.A と比べて多かった。*Paracalanus crassirostris* は *O. davisae* の次に多く出現したが, 個体数は Stn.A の方が多かった。また, *Acartia omorii* は両定点において個体数および現存量共に最低を示すとともに, *O. davisae* と異なり Stn.B ではいずれも Stn.A と比べて少なかった。

Paracalanus, *Oithona* および *Acartia* 属の各個体ごとの体長測定から算出された乾重量の3属合計値とメソ動物プランクトン現存量 (乾重量) との月別変化 (Fig. 8) には, 2000年1~4月のデータを補足すると, 両定点共に有意な正の相関が認められた (t -検定,

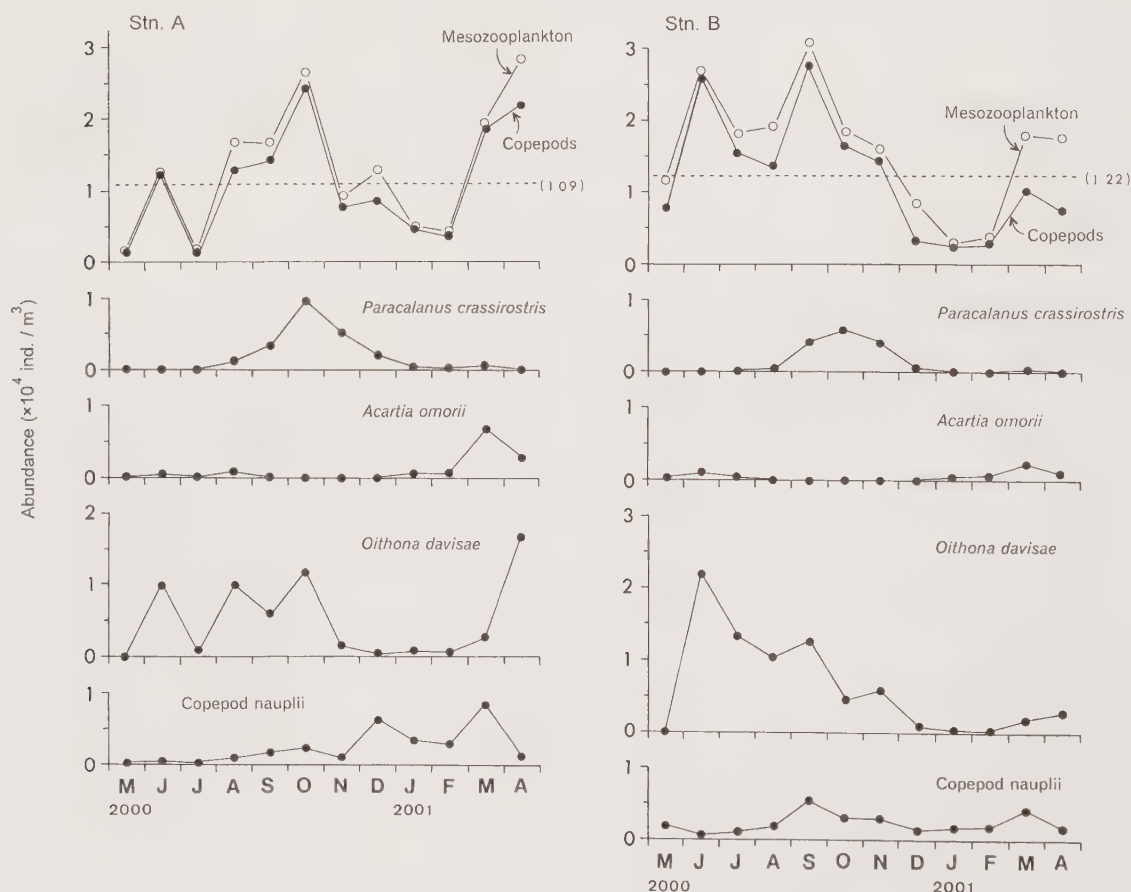


Fig. 7. Seasonal changes in the abundance ($\times 10^4$ ind./L) of mesozooplankton, copepods and their dominant species averaged through the water column at Stns.A and B in Gokasho Bay from May 2000 to April 2001. Dotted horizontal lines denote the mean during the study period.

Table 3. List of copepod species identified in the pearl oyster (Stn.A) and fish (Stn.B) farms in Gokasho Bay from May 2000 to April 2001

Calanoida	<i>Acartia erythraea</i>	Poecilostomatoida
<i>Calanus sinicus</i>	<i>Acartia omorii</i>	<i>Oncaea conifera</i>
<i>Paracalanus crassirostris</i>	Cyclopoida	<i>Oncaea media</i>
<i>Paracalanus parvus</i>	<i>Oithona brevicornis</i>	<i>Oncaea</i> spp.
<i>Acrocalanus gracilis</i>	<i>Oithona davisae</i>	<i>Corycaeus</i> spp.
<i>Calocalanus pavo</i>	<i>Oithona nana</i>	<i>Hemicyclops japonicus</i>
<i>Centropages yamadae</i>	<i>Oithona oculata</i>	Harpacticoida
<i>Centropages</i> spp.	<i>Oithona plumifera</i>	<i>Microsetella norvegica</i>
<i>Temora turbinata</i>	<i>Oithona rigida</i>	<i>Euterpina acutifrons</i>
<i>Eurytemora pacifica</i>	<i>Oithona similis</i>	

Table 4. Annual summed abundance and biomass of the three major copepods at Stn. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to April 2001. Percentage to the total (*Oithona davisae* + *Paracalanus crassirostris* + *Acartia omorii*) is given in parenthesis.

	Stn. A		Stn. B	
	Abundance (ind./m ³)	Biomass (mg dry weight/m ³)	Abundance (ind./m ³)	Biomass (mg dry weight/m ³)
<i>Oithona davisae</i>	60,015 (64.8)	30.8 (53.4)	74,028 (78.4)	39.5 (55.5)
<i>Paracalanus crassirostris</i>	20,932 (22.6)	13.8 (23.9)	15,009 (15.9)	23.3 (32.7)
<i>Acartia omorii</i>	11,694 (12.6)	13.1 (22.7)	5,406 (5.7)	8.4 (11.8)
Total	92,641 (100.0)	57.7 (100.0)	94,443 (100.0)	71.2 (100.0)

Stn.A : $p < 0.05$, Stn.B : $p < 0.01$). これらの結果から、アコヤガイ養殖場 (Stn.A) およびマダイ養殖場 (Stn.B) におけるメソ動物プランクトン現存量の季節変動パターンは主要カイアシ類 3 種 (*Oithona davisae*, *Paracalanus crassirostris* および *Acartia omorii*) の合計現存量によって決定されることが明らかとなった。

植物プランクトン、繊毛虫類と *Oithona davisae* との相互関係

主要カイアシ類 3 種のうち、*Oithona davisae* は他の 2 種 (*Paracalanus crassirostris* および *Acartia omorii*) と異なり、春季から秋季の長期にわたり出現するとともに、周年を通して Stn.B では Stn.A と比較して多量に出現する特徴を示した (Table 4)。このことから、*O. davisae* は魚類養殖場における夏季の物質循環機構を解明するための鍵種の一種になると判断し、被食—捕食関係の視点から本種と植物プランクトン、更に、繊毛虫類との相互関係について調べた。本種と植物プランクトンとの相互関係を各々の月別現存量 (単位: $\mu\text{gC/L}$, 植物プランクトン: $\mu\text{gChl.a/L}$) の対応により解析した結果、両定点共に両者の間には有意な相関は見出されなかった (t -検定, $p > 0.05$)。他方、本種と繊毛虫類の相互関係を各々の現存量 ($\mu\text{gC/L}$) の月別変化 (Fig. 9) の比較からみると、両者は両定点共に周年にわたり一貫して相反する増減変動を示した。成層期 (5~9 月) を通してみると、*O. davisae* の平均現存量は Stn.B では Stn.A より多かったのに対して (Stn.A : $1.25 \mu\text{gC/L}$, Stn.B : $2.89 \mu\text{gC/L}$)、繊毛虫の平均現存量は Stn.A と比較してより低くとどまった (Stn.A : $2.18 \mu\text{gC/L}$, Stn.B : $1.49 \mu\text{gC/L}$)。繊毛虫類に対する *O. davisae* の現存量は、Stn.A では 6 月と 10 月に、また、Stn.B では 6 月、7 月と 9 月に他の月と比較して著しく増加する特徴を示した。他方、*O. davisae* の現存量が低減する 12~3 月の冬季鉛直混合期には、両定点共に繊毛虫の

ン、更に、繊毛虫類との相互関係について調べた。本種と植物プランクトンとの相互関係を各々の月別現存量 (単位: $\mu\text{gC/L}$, 植物プランクトン: $\mu\text{gChl.a/L}$) の対応により解析した結果、両定点共に両者の間には有意な相関は見出されなかった (t -検定, $p > 0.05$)。他方、本種と繊毛虫類の相互関係を各々の現存量 ($\mu\text{gC/L}$) の月別変化 (Fig. 9) の比較からみると、両者は両定点共に周年にわたり一貫して相反する増減変動を示した。成層期 (5~9 月) を通してみると、*O. davisae* の平均現存量は Stn.B では Stn.A より多かったのに対して (Stn.A : $1.25 \mu\text{gC/L}$, Stn.B : $2.89 \mu\text{gC/L}$)、繊毛虫の平均現存量は Stn.A と比較してより低くとどまった (Stn.A : $2.18 \mu\text{gC/L}$, Stn.B : $1.49 \mu\text{gC/L}$)。繊毛虫類に対する *O. davisae* の現存量は、Stn.A では 6 月と 10 月に、また、Stn.B では 6 月、7 月と 9 月に他の月と比較して著しく増加する特徴を示した。他方、*O. davisae* の現存量が低減する 12~3 月の冬季鉛直混合期には、両定点共に繊毛虫の

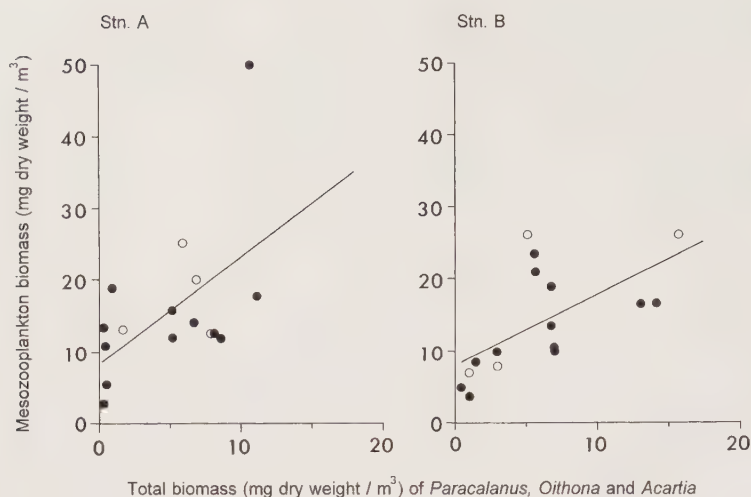


Fig. 8. Relationships between the mesozooplankton biomass (mg dry weight/m³) and the total biomass of the three dominant copepods (*Oithona davisae*, *Paracalanus crassirostris* and *Acartia omorii*) at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to April 2001. Data from January to April 2000 (○) were included in the calculation (see text). Overall regression lines are indicated by solid lines; Stn. A: $Y=1.49X + 8.58$ ($n=16$, $r^2=0.285$, $p<0.05$), Stn. B: $Y=1.01X + 8.03$ ($n=16$, $r^2=0.402$, $p<0.01$).

現存量が *O. davisae* の現存量を上回った。両者の関係 (Fig. 10) は, Stn. B では Stn. A と比較してより高い負の相関 (Stn. A: $r=-0.41$, Stn. B: $r=-0.74$) を示すとともに, Stn. A と異なり有意であるとみなされた (t -検定, $p<0.01$)。このことから, マダイ養殖場 (Stn. B) ではアコヤガイ養殖場 (Stn. A) と比較し, *O. davisae* と絨毛虫類との負の相関関係がより明確に維持されていることが分かった。

両定点における各月の絨毛虫類の生産量 (P : mgC/m³/day) および *Oithona davisae* の摂食量 (G : mgC/m³/day) を以下に示す Ikeda and Motoda (1978) の呼吸量 (R : μ L O₂/animal/h) との関係式を用いて推定した (Table 5)。Ikeda and Motoda (1978) の関係式は後生動物プランクトンだけでなく原生(微小)動物プランクトンにおいても有効であることが立証されている (Hiromi, 1994)。

$$P=0.75R$$

$$G=2.5R$$

$$\log R = (-0.01089T + 0.8918) \log W + (0.02538T - 0.1259)$$

$$\text{mgC/animal/h} = \mu \text{ L O}_2/\text{animal/h} \times 12/22.4 \times \text{RQ} (0.8) \times 10^{-3}$$

T : 水温 (°C; 各月における 0.5, 5, 10m 深の平均値), W : 各月における平均乾重量 (mg dry weight/animal), RQ : 呼吸商

その結果, 絨毛虫類の生産量は両定点共に夏季に増加し, Stn. A では 7 月に, Stn. B では 8 月に各々年間最大に達した。Stn. B における年間最大生産量 (44.5mgC/m³/day) は Stn. A における年間最大 (25.4mgC/m³/day) の約 2 倍を示した。しかしながら, 秋季から冬季には減少し, 年間を通して最小に達した。*O. davisae* の摂食量は Stn. A では 8 月に年間最大 (11.0mgC/m³/day) を示したが, 10 月を除くその他の月では 5mgC/m³/day 以下に低下した。これに対して, Stn. B における *O. davisae* では Stn. A の場合と異なり, 6~9 月の 4 ヶ月にわたり高い摂食量 (8.9~12.6mgC/m³/day) が維持された。両定点共に *O. davisae* の摂食量は冬季 (12~2 月) には著しく減少した (1mgC/m³/day 以下)。絨毛虫類の生産量に対する *O. davisae* の摂食量の割合 (摂食圧) をみると (Table 5), Stn. A では 6 月と 10 月に, また, Stn. B では 6 月, 7 月と 9 月に 100% 以上の値を示した。これらの月は, 前述したように本種の現存量が絨毛虫類の現存量を大きく凌いだ月 (Fig. 9) と一致した。また, Stn. B では夏季 (6~8 月) に Stn. A と比べて *O. davisae* の摂食圧が高くなる傾向を示した (Stn. A: 2.2~274.1%, Stn. B: 24.7~530.3%)。特に, 7 月には絨毛虫類に対する摂食圧は Stn. A ではわずか 2.2% を示したのに対して, Stn. B では 114.2% に達したことから, 両定点間で大きな差異を生じた。その後, 摂食圧は冬

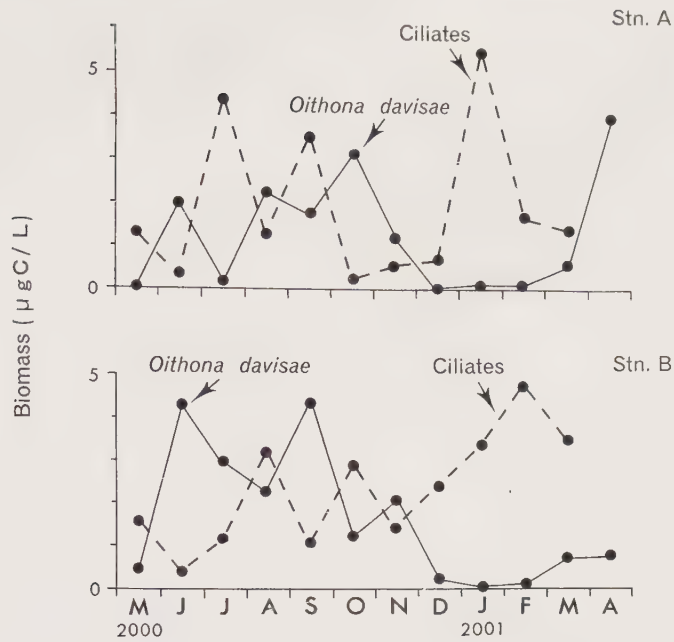


Fig. 9. Seasonal changes in the biomass ($\mu\text{gC/L}$) of *Oithona davisae* (solid lines) and ciliates (dotted lines) averaged through the water column at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March or April 2001

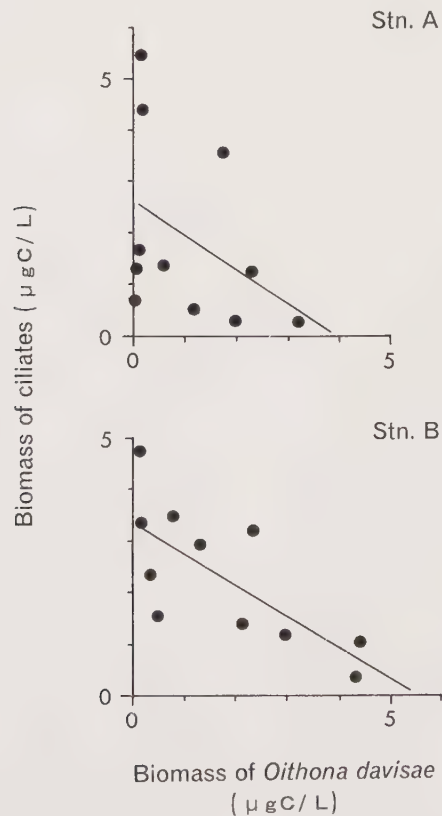


Fig. 10. Relationships between the biomasses ($\mu\text{gC/L}$) of *Oithona davisae* and ciliates averaged through the water column at Stns. A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March 2001. Regression lines are indicated by solid lines; Stn. A: $Y = -0.66X + 2.60$ ($n=11$, $r^2=0.172$, $p>0.05$), Stn. B: $Y = -0.61X + 3.39$ ($n=11$, $r^2=0.553$, $p<0.01$).

Table 5. Estimates* of production of ciliates, and grazing of *Oithona davisae* at Stns.A and B in Gokasho Bay from May 2000 to March or April 2001. Percentage of grazing of *O. davisae* to production of ciliates is given in parenthesis.

	Stn. A		Stn. B	
	Production of ciliates (mgC/m ³ /day)	Grazing of <i>O. davisae</i> (mgC/m ³ /day)	Production of ciliates (mgC/m ³ /day)	Grazing of <i>O. davisae</i> (mgC/m ³ /day)
2000 May	3.883	0.165 (4.2)	6.818	0.468 (6.9)
Jun.	1.568	4.298 (274.1)	1.917	10.165 (530.3)
Jul.	25.447	0.553 (2.2)	7.752	8.853 (114.2)
Aug.	19.673	10.950 (55.7)	44.457	10.978 (24.7)
Sep.	21.423	4.533 (21.2)	10.313	12.568 (121.9)
Oct.	2.122	7.250 (341.7)	14.798	2.468 (16.7)
Nov.	2.090	1.070 (51.2)	3.402	2.498 (73.4)
Dec.	0.569	0.010 (1.8)	2.005	0.168 (8.4)
2001 Jan.	3.452	0.065 (1.9)	2.102	0.038 (1.8)
Feb.	1.723	0.050 (2.9)	4.210	0.035 (0.8)
Mar.	2.144	0.540 (25.2)	5.429	0.568 (10.5)
Apr.	No data	3.903 (—)	No data	0.735 (—)

* calculated by using Ikeda and Motoda's (1978) equations (see text)

季には両定点共に著しく減少した。

考 察

植物プランクトン

五ヶ所湾におけるクロロフィル *a* 濃度 (0.5, 5および10m 深の平均値) からみた植物プランクトン現存量の年間最大は、的矢湾 (今井ら, 1999), 英虞湾 (谷村ら, 2001) および広島湾 (Kamiyama, 1994; 平田, 2000) と同様に夏季にみられた。これら水域は、五ヶ所湾と異なり、カキあるいはアコヤガイなどの代表的二枚貝養殖場であるため、そこでの魚類養殖場における植物プランクトンの季節変化についての知見は見当たらず、両漁場間での比較は行われなかった。一方、五ヶ所湾では魚類養殖がアコヤガイ養殖場の対面に位置しており、そこでのクロロフィル *a* 濃度の全期間を通しての平均値と年間最大値 (7月) はアコヤガイ養殖場でのそれらと比べて高かった。主要構成種のうち、珪藻類 *Skeletonema costatum* は富栄養水域の指標種としてみなされていることから (山田ら, 1980), マダイ養殖場における本種の主要構成種

としての出現はアコヤガイ養殖場と比較してマダイ養殖場ではより富栄養化が進行していることを示唆している。この原因の一つとして、マダイ養殖場では海水交換率の低下 (海水の滞留時間の増加) (Toda *et al.*, 1994) と相まって、夏季植物プランクトン現存量の増加に寄与した赤潮生物 (*K. mikimotoi*) の増殖を促進させる給餌による残餌・排泄物から溶存有機態窒素の負荷が大きく関与していること (西村, 1982) が挙げられる。更に、養殖アコヤガイによる植物プランクトンの摂食 (除去) も相対的にマダイ養殖場における植物プランクトン現存量を高める一因になっているかも知れない。

微小動物プランクトン (繊毛虫類)

本研究では繊毛虫類 (優占群: 少毛目) はマダイ・アコヤガイ養殖場共に夏季より冬季に多量に出現し、その年間最大は植物・メソ動物プランクトン出現量が年間最小を記録した12月から2月の期間にみられた。このような低水温期に増加する季節変化は植物・メソ動物プランクトンの季節変化 (Figs. 4および7) の様相とは対照的である。このことは、繊毛虫類の生

産は冬季に衰退するにもかかわらず、その捕食者である *Oithona davisae* の摂食活動が繊毛虫類の生産に比べて甚だしく低下することによると考えられる。また、本湾における繊毛虫類の季節変化は少毛目が優占したことから、有鐘目が周年にわたり優占し、特に夏季に増加する広島湾における繊毛虫類の季節変化のパターン (Kamiyama, 1994) とは質的に異なることが明らかとなった。更に、東京湾でも有鐘目が優占し、主に5～8月に多量に出現することが報告されている (佐々木, 1996)。本研究では、植物プランクトン現存量 (クロロフィル *a* 濃度) の場合と同様に、繊毛虫類の個体数の全期間を通しての平均値と年間最大値 (1～2月) はマダイ養殖場の方がアコヤガイ養殖場でのそれらと比べて高かった。有鐘目に代わって少毛目が卓越したこと、また、その出現個体数が冬季のマダイ養殖場で多くなった理由として、マダイ養殖場における給餌が影響しているかどうかは本研究では明らかにできなかった。しかしながら、繊毛虫類の生産が夏季にマダイ養殖場で高かったことは、少毛目の餌として知られている細菌 (Fenchel and Jonsson, 1988; Rassoulzadegan *et al.*, 1988) がアコヤガイ養殖場と比較してより多く出現したこと (Fig. 3) などと関係しているのかも知れない。

メソ動物プランクトン

五ヶ所湾における主要カイアシ類3種 (*Oithona davisae*, *Acartia omorii* および *Paracalanus crassirostris*) のうち、東京湾では *O. davisae* は夏季 (7～8月) に、*A. omorii* は冬・春季 (2月, 4月) に各々多量に出現した (穴久保, 村野 1991)。また, Hirota (1979) の報告によれば, 広島県向島 (瀬戸内海) においてもこれら両種 (*O. davisae* および *A. omorii* は各々 *O. brevicornis* および *A. clausi* として報告) は東京湾と類似した季節変化を示した。*O. davisae* は広島県福山港 (瀬戸内海) においても同様に夏季に個体数が急増することが知られている (Uye and Sano, 1995)。他の1種 *P. crassirostris* の多量出現期は、東京湾では秋季 (10月) から冬季 (2月) に (穴久保, 村野 1991), また, 瀬戸内海 (*Paracalanus* sp.1 = *P. parvus* f. *minor* として報告) では秋季 (9～11月) にみられた (Hirota, 1979)。したがって、五ヶ所湾におけるこれら3種は東京湾および瀬戸内海においても類似した季節変化のパターンを示すことが明らかとなり、*O. davisae* から *P. crassirostris*, 更に *A. omorii* への季節遷移は日本の温帯内湾域に共通する特徴であるといえる。*P. crassirostris* は、五ヶ所湾においては年間 (各月合計) 出現量でみると、両定点共に *O.*

davisae の次に位置し (Table 4), 高水温期に卓越する *O. davisae* と低水温期に卓越 (冬季に出現, 増加) する *A. omorii* を繋ぎ、動物プランクトンの生産を持続させるうえで重要な意義をもつといえる。

これまでの東京湾および瀬戸内海におけるプランクトン研究では、これらカイアシ類3種の出現量の季節変化を魚類養殖場と二枚貝養殖場の間で比較していないため、給餌に伴う養殖由来物質のカイアシ類群集への影響については明らかではない。しかしながら、五ヶ所湾においては *O. davisae* の年間出現量は他の2種と異なりマダイ養殖場ではアコヤガイ養殖場と比較して個体数および現存量共に多くなることが分かった (Table 4)。また、上述されるように、植物プランクトンおよび繊毛虫類の年平均現存量も共にマダイ養殖場の方がアコヤガイ養殖場より優っていることが分かった。それゆえ、マダイ養殖場において *O. davisae* がアコヤガイ養殖場と比較して多量に出現した理由の一つとして、両養殖場では水温の季節変化はほぼ同じであったことから、マダイ養殖場の方が *O. davisae* にとって十分な餌料供給があったことによると考えられる。

Oithona davisae を巡る食物連鎖構造

Oithona davisae の長期にわたる出現 (春～秋季) は、卵嚢形成により、夏季に形成される中・底層の貧酸素水中に直接産出卵を放出しない産卵様式 (Uye, 1994) の他に、本種個体群を持続させるための一定した餌料確保と密接な関連をもつと考えられる。本種は餌として珪藻類ではなく、鞭毛藻類、繊毛虫類 (少毛目, 有鐘目) および他の動く生物を捕食する摂餌特性を示すといわれている (Uchima, 1988; Uchima and Hirano, 1986)。しかしながら、鞭毛藻類のうち、夏季にマダイ養殖場で卓越する有毒赤潮生物の一種 *Karenia mikimotoi* は有鐘目 *Favella ehrenbergii* に捕食されるが (Nakamura *et al.*, 1996; Kamiyama and Arima, 2001), 何らかの拒食誘発 (化学) 物質の存在が推定され、カイアシ類 (例えば, *Acartia omorii*) の餌料としては好適であるとはいいがたい (Uye and Takamatsu, 1990)。また, Granéli and Turner (2002) は天然プランクトン群集の相互関係についてのメソコズムス実験を行い、*K. mikimotoi* の大部分はカイアシ類 (*Acartia clausi* など4種) によって摂食されなかったと報告している。

一方、繊毛虫類では、*Oithona davisae* の全発育期 (ノープリウス～成体) の個体が少毛目の *Strobilidium* spp. と *Strombidium* spp. を捕食し、また、成体雌が有鐘目の *Tintinnopsis beroidea* と *Favella ehrenbergii*

を捕獲していることがしばしば観察されている (Uchima and Hirano, 1986)。そのため、7月のマダイ養殖場における *O. davisae* の摂食圧 (Table 5) は、豊富ではあるが、餌料として不適切な植物プランクトン (*K. mikimotoi*) に対するより繊毛虫類、例えば、本研究において夏季のマダイ養殖場で優占した *Strobilidium* spp. および *F. ehrenbergii* (本種は個体数では多くなかったものの、現存量でみると、*Strobilidium* spp. の次に主要構成種として出現) に対してより高まるといえよう。Kamiyama *et al.* (2003) によれば、夏季の広島湾では基礎生産者・細菌から無殻繊毛虫類へのエネルギー転送効率恐らく *Oithona* spp. による繊毛虫類に対するトップダウン・コントロールによって影響されることが推察された。本研究においては、繊毛虫類の生産量に対する *O. davisae* の摂食量の関係 (Table 5) から、このような *O. davisae* による繊毛虫類に対するトップダウン・コントロールが指摘された。しかしながら、繊毛虫類からのエネルギー供給だけでは *O. davisae* 個体群を到底維持できない場合 (繊毛虫類の生産量に対する *O. davisae* の摂食量の割合が100%以上を示す月) も見出されたことから (Table 5)、その不足分を補給するための餌料源とその生産量を明らかにするとともに、内湾性の本種個体群が獲得した幅広い水温変化に対する代謝ホメオスタシス (Hiromi *et al.*, 2000) の適応意義についても考慮する必要がある。

Sakami *et al.* (2003) は夏季五ヶ所湾マダイ養殖場における水柱当たりの細菌生産の少なくとも9%が養殖由来有機物 (DOC, DON) によって維持されていることを報告した。このことから、給餌に伴う残餌・排泄物からの溶存態有機物負荷の増大は赤潮生物の増殖を促進させる (西村, 1982) だけでなく、繊毛虫 (少毛目) の餌として重要な細菌の生産にも寄与していることが指摘される。したがって、マダイ養殖場では、特に、夏季には養殖由来の溶存態有機物 (DOM) の増加に伴い増殖が促された細菌や、また、突発的に大増殖した有毒赤潮生物に代わってナノプランクトン (恐らく、従属栄養性微小鞭毛虫類を含む) を餌として繊毛虫 (主に、少毛目 *Strobilidium* spp.) が増加し、更に、それら繊毛虫に対する *O. davisae* の摂食圧が他の季節に比べ高まるものと判断される (Table 5)。すなわち、夏季の五ヶ所湾マダイ養殖場における *O. davisae* の個体群増加を支える餌料供給源 (経路) として微生物食物連鎖 (溶存態有機物－細菌－微小鞭毛虫類－繊毛虫－カイアシ類 *O. davisae*) が重要な役割を果たしていることが想定される。

Oithona davisae から更に高次消費者への有機物フローについて考察してみる。五ヶ所湾における6月および9月の仔稚魚 (優占種: イソギンボ *Pictiblennius yatabei*, キビナゴ *Spatelloides gracilis*, シロギス *Sillago japonica* およびハゼ科 *Gobiidae*) の分布 (Table 6) から、それらの出現個体数および種類数は

Table 6. Occurrence of fish larvae collected by ORI net* in the pearl oyster (Stn.A) and fish (Stn.B) farms, and at the mouth of Gokasho Bay in September 2000 and June 2001 (Hirakawa, unpublished)

Sampling date	Occurrence	Stns.		the bay mouth
		A	B	
8 Jun. 2001	No. of inds./haul	19	10	50
	No. of species/haul	6	4	12
	Dominant species	<i>Pictiblennius yatabei</i>	<i>Pictiblennius yatabei</i>	<i>Pictiblennius yatabei</i>
19 Sep. 2000	No. of inds./haul	38	13	535
	No. of species/haul	14	8	40
	Dominant species	<i>Rudarius ercodes</i>	unidentified (broken)	<i>Gobiidae</i> <i>Spatelloides gracilis</i> <i>Sillago japonica</i>

* mesh opening; 1.0mm, mouth diameter; 160cm, length of filtering portion; 600cm

いずれの月においても共に湾口部と比べて湾内養殖場 (Stns.A および B) で少なく、特に、マダイ養殖場 (Stn.B) で最低を示すことが分かった。このことは、高水温期における仔稚魚の生息環境として、マダイ養殖場は湾口部、更に、アコヤガイ養殖場と比較しても好ましくないことを意味している。したがって、これら仔稚魚による *O. davisae* (主にノープリウス幼生) への捕食の影響は軽微であり、低次から高次への有機物の転送効率 (生態効率) はマダイ養殖場では低いと考えられる。他方、アコヤガイ養殖場およびマダイ養殖場では夏季に肉食大型動物プランクトンであるミズクラゲ (*Aurelia aurita*) が観察されており、その発生量と集群化は環境条件により時空間的に変動するが、マダイ養殖場付近の方がアコヤガイ養殖場に比べて著しいようである (豊川 私信)。東京湾で示唆されるような *O. davisae* からプランクトン食性魚ではなくミズクラゲへの有機物フロー (Uye 1994) が五ヶ所湾養殖場、特に、魚類養殖場においても機能している可能性が高いといえる。五ヶ所湾のマダイ養殖場の下層には夏季から秋季に沿岸湧昇の発生に伴い湾外水が間欠的に流入することが知られており、この現象が起こると、わずか1日でマダイ養殖場のある迫間浦 (枝湾) の海水の1/3が置き換わるといわれている (阿保 2000)。しかしながら、夏季に湾内で発生したミズクラゲおよび *O. davisae* の個体群自体が湾外水に替わって湾外に流出する湾内上層水とともに湾外に搬出される証拠を得ることはできなかった。

栄養段階の高い生物群集の系外移出には、五ヶ所湾内で生産された有機物が高次消費者 (魚類) に取り込まれ、人為的に湾内で捕獲される場合 (漁獲) と海流により湾外に輸送され、そこで高次消費者に利用される場合に大別される。本湾では、魚類養殖が始まる以前の明治から大正初期 (1913年頃) にかけてカツオ一本釣り漁の生餌として不可欠なカタクチイワシを定置網により採捕するなど、給餌養殖が主体の現在より捕獲漁業が盛んに行われていた (川口 2004)。このような湾内漁業の形態の違いから、湾内における漁獲を介して系外へ移出される有機物量は現在では当時と比較し著しく少ないとみなされ、現在の系外移出は漁獲よりも海流輸送に依存していることが示唆される。

Oithona davisae は日本沿岸の富栄養化した内湾域において温暖期にエネルギーをナノ・ミクロ鞭毛藻類や繊毛虫類 (低次栄養段階) から高次栄養段階へと転送するうえで重要な役割を果たしていることが報告されている (Uye and Sano, 1998)。実際、東京湾 (Hiromi, 1995)、伊勢湾 (Uye *et al.*, 2000) および洞海湾 (Uye *et al.*, 1998) では生食食物連鎖のみならず、微生物食

物連鎖におけるエネルギー転送効率などが調べられ、両食物連鎖の相互関係が明らかにされつつある。今後、養殖場、特に、人為的有機物負荷が加わる魚類養殖場においても *O. davisae* を中心とした微生物食物連鎖による生物浄化機能 (有機物フロー) について湾外への海流による有機物輸送機構を含めて定量的に評価する必要がある。

謝 辞

本稿を終るに当たり、内湾域における微生物食物連鎖について有益なご助言を戴いた日本大学生物資源科学部広海十朗教授に心から感謝の意を表します。また、野外採集調査にご協力戴いた養殖研究所調査船 “なんせい” 船長山本茂也氏に厚くお礼申し上げます。なお、本研究は水産庁委託事業「増養殖適正化総合調査委託事業」の一環として実施された。

文 献

- 阿保勝之, 2000: 外洋に面した半閉鎖性漁場における貧酸素水塊の挙動に関する研究. 養殖研報, **29**, 141-216.
- 穴久保隆, 村野正昭, 1991: 東京湾における動物プランクトンの季節変化. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **78**, 145-165.
- 安楽正照, 1986: 動物プランクトン調査. 「沿岸環境調査マニュアル [底質・生物編]」 (日本海洋学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.177-216.
- Fenchel T. and Finlay B. J., 1983: Respiration rates in heterotrophic, free-living protzoa. *Microb. Ecol.*, **9**: 99-122.
- Fenchel T. and Jonsson P. R., 1988: The functional biology of *Strombidium sulcatum*, a marine oligotrich ciliate (Ciliophora, Oligotrichina). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **48**, 1-15.
- 福島菊夫, 1970: 的矢湾および五ヶ所湾におけるアコヤガイの異常斃死に関する研究 - 特に餌料生物環境について -. 真珠技術研究会会報, **9**, 1-21.
- Granéli E. and Turner J. T., 2002: Top-down regulation in ctenophore-copepod-ciliate-diatom-phytoflagellate communities in coastal waters: a mesocosm study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **239**, 57-68.
- 平田 靖, 2000: 広島湾のクロロフィル量変化. 水産海洋研究, **64**, 293-297.
- Hiromi J., 1994: Respiration rates of copepod nauplii

- with a comparison of metazoan and protozoan metabolism. *Bull. Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.*, **51**, 154-157.
- Hiromi J., 1995 : Contribution of cyclopoid copepod *Oithona davisae* population to nutrient regeneration of Tokyo Bay during summer. *Bull. Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.*, **52**, 113-118.
- Hiromi J., Nagata T., and Kadota S., 1988 : Respiration of the small planktonic copepod *Oithona davisae* at different temperatures. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **35**, 143-148.
- Hirota R., 1979 : Seasonal occurrence of zooplankton at a definite station off Mukaishima from July of 1976 to June of 1977. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, **5**, 9-17.
- 弘田禮一郎, 1981 : 瀬戸内海における主要動物プランクトンの乾燥重量と化学組成. 日本プランクトン学会報, **28**, 19-24.
- Honjo T., 1987 : Growth potential of *Chattonella marina* (Raphidophyceae) collected in Gokasho Bay, central Japan. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **34**, 119-124.
- Honjo T., Yamamoto S., and Yamaguchi M., 1990 : Annual cycle of motile cells of *Gymnodinium nagasakiense* and ecological features during priod of red tide development, in "Toxic Marine Phytoplankton" (ed. by Granéli E. *et al.*), Elsevier Science Publication, pp. 165-170.
- Honjo T., Yamaguchi M., Nakamura O., Yamamoto S., Ouchi A., and Ohwada K., 1991 : A relationship between winter water temperature and the timing of summer *Gymnodinium nagasakiense* red tides in Gokasho Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1679-1682.
- 一戸直之, 1992 : 東京湾の物質循環に果たす微小動物プランクトンの役割. 日本大学大院農学研究科水産学専攻修士論文, 40pp (本文のみ), 図 (Figs. 1-18), 表 (Tables 1-2) 及び写真 (Plates 1-2) は別添.
- Ikeda T. and Motoda S., 1978 : Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fish. Bull.*, **76**, 357-367.
- 今井 直, 太原英生, 河村章人, 1999 : 養殖漁場としての的矢湾の低次生産環境特性. 三重大生物資源紀要, **23**, 1-12.
- Kamiyama T., 1994 : The impact of grazing by microzooplankton in northern Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea, Japan. *Mar. Biol.*, **119**, 77-88.
- Kamiyama T. and Arima S., 2001 : Feeding characteristics of two tintinnid ciliate species on phytoplankton including harmful species: effects of prey size on ingestion rates and selectivity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **257**, 281-296.
- Kamiyama T., Arima S., and Tsujino M., 2003 : Characteristics of the distribution of bacteria, heterotrophic nanoflagellates and ciliates in Hiroshima Bay in summer. *Fish. Sci.*, **69** : 755-766.
- 川口祐二, 2004 : 沿岸の漁業, 「南勢町誌」(南勢町誌編纂委員会), 三重県度会郡南勢町, 南勢町, pp. 115-149.
- 栗原 康, 1998 : 共生の生態学, 岩波書店, 東京, 235pp.
- Nakamura Y., Suzuki S., and Hiromi J., 1996 : Development and collapse of a *Gymnodinium mikimotoi* red tide in the Seto Inland Sea. *Aquat. Microb. Ecol.*, **10**, 131-137.
- 西村昭史, 1982 : 魚類養殖漁場の有機汚染が赤潮生物 *Gymnodinium* type-'65 および *Chattonella antiqua* の増殖に及ぼす影響. 日本プランクトン学会報, **29**, 1-7.
- 大森 信, 池田 勉, 1976 : 動物プランクトン生態研究法, 共立出版, 東京, 229pp.
- Rassoulzadegan F., Larval-Peuto M., and Sheldon R. W., 1988 : Partitioning of the food ration of marine ciliates between pico- and nanoplankton. *Hydrobiologia*, **159**, 75-88.
- 佐々木克之, 1996 : 内湾および干潟における物質循環と生物生産 【20】, 海洋と生物, **18**, 327-334.
- 佐々木克之, 梅林 脩, 中田 薫, 松川康夫, 1989: 東京湾における栄養条件とプランクトン生産の特性に関する研究. 昭和63年度科学技術振興調整費中央水産研究所報告, 53-1-53-13.
- Sakami T., Abo K., Takayanagi K., and Toda S., 2003: Effects of water mass exchange on bacterial communities in an aquaculture area during summer. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **56**, 111-118.
- Suzuki R. and Ishimaru T., 1990 : An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-dimethylformamide. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **46**, 190-194.

- Takahashi M. and Hoskins K. D., 1978 : Winter condition of marine plankton populations in Saanich Inlet, B.C., Canada. II. Microzooplankton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **32**, 27-37.
- 谷村 篤, 竹中島裕, 高井理加, 2001 : 英虞湾座賀島水道における海洋環境とサイズ別植物プランクトン現存量の季節変動. 内湾環境の物質循環と餌の多様性からみた自然プランクトン群集と養殖生物の相互作用 (課題番号 : 10660177) 平成10・11・12年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) (2)), 研究成果報告書, 7-23.
- Toda T., Abo K., Honjo T., Yamaguchi M., and Matsuyama Y., 1994 : Effect of water exchange on the growth of the red-tide dinoflagellate *Gymnodinium nagasakiense* in an inlet of Gokasho Bay, Japan. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, Suppl.*, **1** : 21-26.
- Tomaru Y., Kumatabara Y., Kawabata Z., and Nakano S., 2002a : Effect of water temperature and chlorophyll abundance on shell growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, in suspended culture at different depths and sites. *Aquaculture Res.*, **33**, 109-116.
- Tomaru Y., Uda N., Kawabata Z., and Nakano S., 2002b : Seasonal change of seston size distribution and phytoplankton composition in bivalve pearl oyster *Pinctada fucata martensii* culture farm. *Hydrobiologia*, **481**, 181-185.
- 内田卓志, 本城凡夫, 松山幸彦, 2001 : 三重県五ヶ所湾における *Gymnodinium mikimotoi* の消長と物理・化学的要因及び生物学的要因との関係について. 日本プランクトン学会報, **48**, 104-110.
- Uchima M., 1988 : Gut content analysis of neritic copepods *Acartia omorii* and *Oithona davisae* by a new method. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **48**, 93-97.
- Uchima M. and Hirano R., 1986 : Food of *Oithona davisae* (Copepoda : Cyclopoida) and the effect of food concentration at first feeding on the larval growth. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **33**, 21-28.
- Uye S., 1994 : Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: cause and consequence. *Hydrobiologia*, **292/293** : 513-519.
- Uye S. and Sano K., 1995 : Seasonal reproductive biology of the small cyclopoid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **118**, 121-128.
- Uye S. and Sano K., 1998 : Seasonal variations in biomass, growth rate and production rate of the small cyclopoid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **163**, 37-44.
- Uye S. and Takamatsu K., 1990 : Feeding interactions between planktonic copepods and red-tide flagellates from Japanese coastal waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **59**, 97-107.
- Uye S., Nagano N., and Shimazu T., 1998 : Biomass, production and trophic roles of micro-and net-zooplankton in Dokai Inlet, a heavily eutrophic inlet, in summer. *Plankton Biol. Ecol.*, **45**, 171-182.
- Uye S., Nagano N., and Shimazu T., 2000 : Abundance, biomass, production and trophic roles of micro-and net-zooplankton in Ise Bay, central Japan, in winter. *J. Oceanogr.*, **56**, 389-398.
- 山田真知子, 鶴田新生, 吉田陽一, 1980 : 植物プランクトンの富栄養段階表. 日水誌, **46**, 1435-1438.
- Yokoyama H., 2002 : Impact of fish and pearl farming on the benthic environments in Gokasho Bay: evaluation from seasonal fluctuations of the macrobenthos. *Fish. Sci.*, **68**, 258-268.
- 横山 寿, 西村昭史, 井上美佐, 2002a : 熊野灘沿岸の魚類養殖場におけるマクロベントス群集と堆積物に及ぼす養殖活動と地形の影響. 水産海洋研究, **66**, 133-141.
- 横山 寿, 西村昭史, 井上美佐, 2002b : マクロベントスの群集型を用いた魚類養殖場環境の評価. 水産海洋研究, **66**, 142-147.

三宅島火山灰がフクトコブシの行動と生残に及ぼす 影響の飼育実験による評価

青野英明*・丹羽健太郎*・堀井豊充*・黒木洋明*

Effects of volcanic ashes of Miyake Island on the behaviour and survival of the small abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, under culture conditions

Hideaki AONO*, Kentaro NIWA*, Toyomitsu HORII*, and Hiroaki KUROGI*

Abstract Due to the eruptions of Mt. Oyama in Miyake Island from July 2000, accumulation of enormous amount of volcanic ashes was observed on the sea bottom around the island. Since it was not understood clearly how marine benthic animals behave against suspended ashes and how accumulated ashes affect the animals, we examined the effects of volcanic ashes on the small abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, under short term culture conditions. When 150-250 g/L of ashes were added to beakers containing abalones, most of the animals immediately began to crawl upward. Some of them detached from the beaker wall and dropped onto the accumulated ashes (about 14 to 22 mm thick), and more than one-third of animals died within 48 hours. Anatomical and microscopic observations of the dead abalones showed that the mantle cavity and the gaps between gill lamellae were filled with ash particles. These results indicate that the abalone avoids suspended ashes, and accumulation of which is lethal to the animals.

Key words: abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, volcanic ashes, Miyake Island

2000年6月に気象庁から「三宅島雄山に関する緊急火山情報」が発表され、翌7月に雄山からの火山灰の噴出が始まった。その後、火山灰の噴出と噴火が断続的に発生し、9月には全島民が避難する事態に至った。伊豆諸島では1900年以後の100年間に主な噴火は16回起こっており、海中噴火や海中への溶岩流入、火山灰等の堆積によって魚類の死亡浮上やトコブシ、アワビなどの死亡が起きている**。東京都水産試験場では2000年の三宅島雄山噴火直後から陸上、海岸、海中の調査を行い、潜水調査において火山灰や土砂の堆積状況、藻類や貝類の被害状況を調査しており、トコブシ

生息量の減少や海底に散在するトコブシ等の死殻を報告している(東京都水産試験場, 2002; 2003)。しかし、噴火直後は降灰や泥流の影響で水中視界が非常に悪く(東京都水産試験場, 2002)、火山灰に対する生物の反応や生残の確認は困難である。本研究では、降灰直後の海中における火山灰のけん濁や堆積が水産資源に及ぼす影響を推測するため、三宅島火山灰がフクトコブシの生残等に及ぼす影響を飼育条件下で調べた。

なお、本研究は三宅島噴火に関する緊急調査の一環として実施したものである。

2006年3月31日 受理 (Received on March, 31, 2006)

* 中央水産研究所横須賀庁舎 〒238-0316 神奈川県横須賀市長井6-31-1 (National Research Institute of Fisheries Science, Nagai 6-31-1, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan)

** 米山純夫, 2002: 伊豆諸島における噴火災害と漁業, 三宅島漁業復興シンポジウム講演要旨集, pp. 7-8.

試料と方法

火山灰

火山灰は2000年に三宅島で採取されたものを用いた。夾雑物を取り除くため、1 mm のふるいを通した後に使用した。火山灰粒子の粒度分布を知るため、砂ろ過海水（以下、ろ過海水）にけん濁した火山灰のプレパラートを作製して顕微鏡撮影し、その画像を用いて各粒子の長径を計測しその粒子の粒径とした。また、三宅島噴火直後の調査では海底における火山灰の堆積が場所により5～10 cmに達したと報告されているが（東京都水産試験場，2001），本研究ではフクトコブシが影響を受け始める堆積量を予備実験から推測し、実験に用いる火山灰量を後述のように100 g/L～250 g/Lとした。

フクトコブシ

実験材料として、東京都栽培漁業センターにおいて生産されたフクトコブシ（*Haliotis diversicolor diversicolor*）稚貝を用いた。実験に用いた稚貝の平均殻長と標準偏差は 19.9 ± 2.8 mmであった。実験に用いるまで、ろ過海水流水中で、週3回塩蔵ワカメを飽食量給餌して飼育した。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響

火山灰が水質に及ぼす影響を調べるため、火山灰50 gをろ過海水500 mLに混合後の海水のpH、濁度（nephelometric turbidity units, NTU）、溶存酸素（mg/L）、塩分（‰）の経時的変化をマルチ水質モニタリングシステム U-21（HORIBA）を用いて測定した。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響を調べるため、1 L ビーカーにろ過海水を800 mL 入れ、10 個体の稚貝をビーカー内側面のビーカー目盛400 mL の位置に付着させた。投入する火山灰が100, 150, 200, 250 g/L になるように実験区を4区設定した。火山灰を入れない区を設け対照区とした。火山灰を投入し攪拌した後、ビーカーを流海水中に置いて水温変化を防ぎ、エアストーンで弱く通気した。ビーカー水面には発泡スチロール製の蓋を浮かべ、実験個体が水上に移動するのを防いだ。火山灰投入直後のフクトコブシの行動を観察するとともに、24時間後と48時間後に各区の全個体の状態を調べた。ビーカー内側面に付着している個体及び、底面に脱落した個体のうちピンセットによる触角、上足、腹足への刺激に反応して動きが見られ、かつ人為的にビーカー内側面に付着させることのできた個体を生残個体として計数した。24時間後の生残個体については、同ビーカーでさらに

24時間飼育した。刺激に対して反応がなく再付着不可能なものは死亡個体として計数した。24時間後の死亡個体及び48時間後の全個体を Davidson 液（Bell and Lightner, 1988）で固定後、殻を外して軟体部を観察するとともに、組織切片を作製して火山灰の影響を調べた。定法により組織をパラフィンに包埋後、5～10 μ m 厚の切片とし、ヘマトキシリン・エオシン染色を施して顕微鏡観察した。1回の実験は各1区とし、実験を3回繰り返して行った。各区間の24時間後及び48時間後の平均生残個体数を算出し、Stat View（SAS Institute Inc.）を用いて分散分析を行い処理区間の有意差検定は Games-Howell で行った。

結 果

火山灰の性状と粒度分布

火山灰は黒色のパウダー状で、顕微鏡観察では無色または茶褐色でガラス状の粒子や、比較的大型で黒色の粒子が認められた（Fig. 1）。任意に選んで撮影した3つの視野（1視野1399 μ m $\times$ 1044 μ m）中の火山灰粒子径を計測し、その粒度分布を Fig. 2に示した。計測した火山灰の全粒子数は6567で、粒径は0.4 μ m から250.9 μ m の範囲にあった。平均粒径は15.4 μ m で、粒径14.0 μ m 未満の粒子が全体の55%を占めていた。

火山灰の混合がフクトコブシに及ぼす影響

海水のpHは初め 8.10 ± 0.02 （平均値 $\pm$ 標準偏差, $n=4$ ）であり、灰の混合により1時間後には 6.90 ± 0.05 に低下したが、時間の経過にしたがい徐々に元の値に近づいた。火山灰投入直後の濁度は非常に高く水中が見えない状態であったが（1時間後のNTU 55.6 ± 11.6 ）、灰の沈澱に伴って徐々に濁度の値は低下し、24時間後にはほぼ透明な状態にまで回復した（NTU 7.3 ± 1.9 ）。溶存酸素及び塩分については、大きな値の変化はみられなかった。

フクトコブシを付着させたビーカーに火山灰を投入すると、その直後からビーカー上方へ素早く移動を始める個体が多く観察された。移動途中でビーカー内側面から剥離して底面に落下した個体は、堆積した火山灰中で盛んに動き回り、それらのうちビーカー壁にたどり着いた個体は再び上方への移動を開始したが、その他の個体ではまもなく活動が停止した。また、内側面に付着している個体では、盛んに粘液を分泌して火山灰をくるめ取っているのが観察された。24時間後及び48時間後の各区の平均生残個体数を Table 1に示した。24時間後の観察では、火山灰100 g/L 区では死亡したのは3回の実験中1個体のみであったが、150,

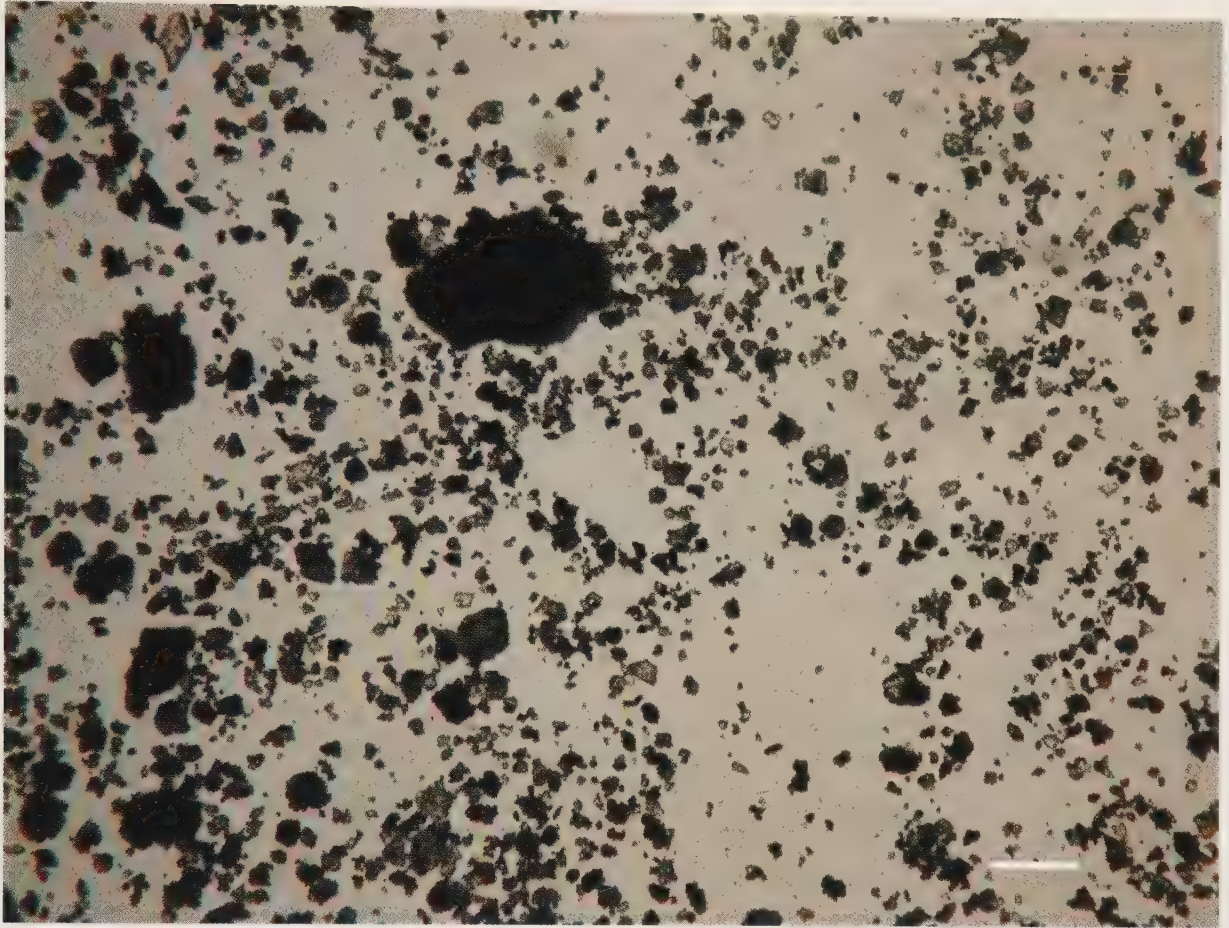


Fig.1. Micrograph of the volcanic ashes of Miyake Island. Bar, 100 μ m.

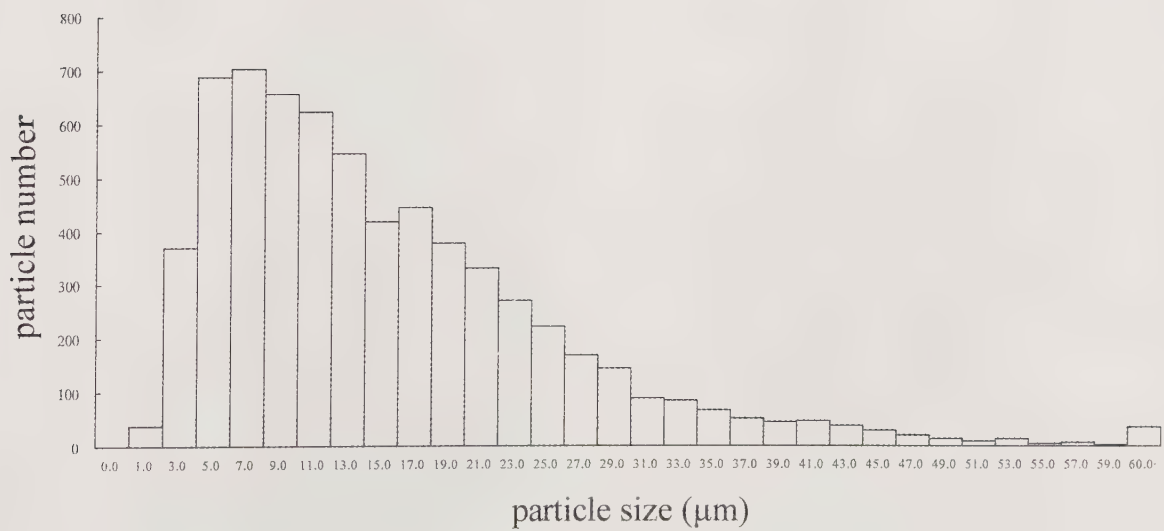


Fig. 2. Particle size distribution of the volcanic ashes of Miyake Island.

200, 250g/L 区ではそれぞれ9, 12, 12個体であった。48時間後には150, 250g/L 区において、さらにそれぞれ2個体が死亡した。対照区においてはビーカー内側面からの脱落個体や死亡個体は観察されなかった。24時間後の100g/L 区と250g/L 区の平均生残個体数間に有意差が認められた。150g/L 区24時間後の死亡個体及び対照区48時間後の生個体を固定した試料について、

貝殻筋側から撮影した軟体部の写真を Fig. 3に示した。実験区個体には腹足への火山灰の付着がみられ、頭部から外套腔にかけて火山灰が密に詰まっていた。その他の部位には火山灰の著しい付着は観察されなかった。これらの個体の鰓の組織切片を作製して観察したところ、火山灰と考えられる微粒子が鰓の間に観察された (Fig. 4)。

Table 1. The average numbers of alive abalones 24 and 48 hours after addition of volcanic ashes of different concentrations to rearing sea water

	0 (control)	100 g/L	150 g/L	200 g/L	250 g/L
24 hr	10.0 ± 0.0	9.7 ± 0.6 ^a	7.0 ± 1.7	6.0 ± 4.4	6.0 ± 1.0 ^b
48 hr	10.0 ± 0.0	9.7 ± 0.6	6.3 ± 1.2	6.0 ± 4.4	5.3 ± 2.1

Values with different superscript letters in the same line are significantly different (P<0.05). Values are means ± SD (n=3).

Table 2. The average numbers of alive abalones 24 and 48 hours after addition of volcanic ashes of different concentrations to rearing sea water

	0 (control)	100 g/L	150 g/L	200 g/L	250 g/L
24 hr	10.0 ± 0.0 ^{ab}	9.7 ± 0.6	7.0 ± 1.7	6.0 ± 4.4 ^a	6.0 ± 1.0 ^b
48 hr	10.0 ± 0.0 ^{ab}	9.7 ± 0.6 ^b	6.3 ± 1.2	6.0 ± 4.4	5.3 ± 2.1 ^{ab}

Values with same superscript letters in the same line are significantly different (P<0.05). Values are means ± SD (n=3).



Fig. 3. Abalone which died after exposure to 150g/L of volcanic ashes in sea water for 24 hours (right) and the control which was fixed after 48 hours culture (left). An arrow indicates accumulated ashes in the mantle cavity. Bar, 5mm.

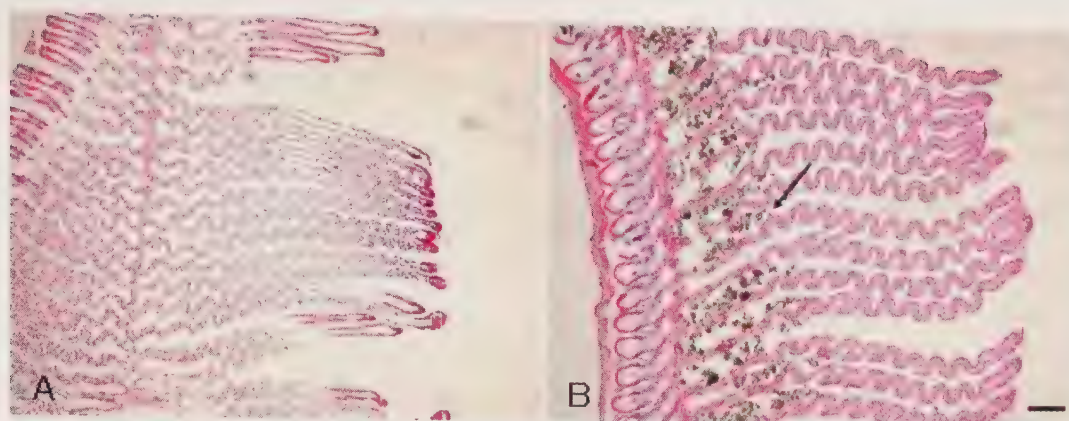


Fig. 4. Micrograph of histological section of gill of the control abalone (A) and the abalone exposed to 150g/L of ashes (B). Ashes are accumulated in the gaps between gill lamella (arrow in B). Bar, 100 μ m.

考 察

2000年に三宅島雄山の噴火直後に採取され本実験で用いられた火山灰は、全粒子の半数以上が粒径14.0 μ m未満と非常に細かな粒子であった。100g/Lの火山灰投入後の海水の水質は今回調べた項目では濁度以外大きな変化がなかった。火山灰が水質に及ぼす影響については、2000年3月に噴火した有珠山の火山灰を海水または水道水に1g/L投入してpH、濁度、塩分、DOを測定する実験が行われているが（水産庁北海道区水産研究所，2000）、火山灰を海水に投入した場合はpH、塩分、DOにほとんど変化はみられていない。また、濁度は火山灰を入れた約1時間後まで急速に、その後はゆるやかに減少していくと報告されており、本報と同様の結果を示している。これらのことから、現場海域においては、火山灰が大量に海水中に入った場合は一時的にpHや濁度が変化する可能性はあるが、これらの項目については、長期にわたる水質の悪化が起こる可能性は低いと考えられる。

飼育水中に火山灰を直接投与した実験の結果から、フクトコブシは灰を察知して上方へと回避行動をとることがわかった。同様の回避行動は、カオリン微粒子とクロアワビ稚貝を用いた実験でも報告されている（坂本，1978）。また、統計的有意差はほとんど認められなかったものの、平均生残個体数は投与する火山灰の増加とともに減る傾向がみられ（Table 1）、堆積した火山灰の上に落下した個体のうち、そこから脱出できなかった多くの個体は死亡することがわかった。アワビ類は頭部と貝殻の隙間から海水を取り込み呼吸孔から排出する流れをつくり、外套腔内の鰓で呼吸

している（Crofts, 1929）。詳細な測定は行っていないが、1Lビーカーに100, 150, 200, 250g/Lの火山灰を投入したときの灰の堆積厚はそれぞれ9, 14, 18, 22mm程度になり、今回実験に用いた稚貝の殻高は5mm以下であった。観察では、灰投入直後よりも、ある程度時間が経過し灰の沈降が進んだ段階で脱落する個体が多く、灰の堆積作用によって稚貝が完全に埋没することは少なかったが、堆積した灰の上に落下した個体とその上を動き回ることによって灰の中への埋没を招いていた。そのため頭部が灰の中に埋没し、外套腔へ火山灰が入り込んで蓄積した（Fig. 3）と推測される。また、Fig. 4で見られる鰓の間隙の粒子は、形状と大きさから、火山灰粒子と考えられる。外套腔への灰の蓄積及び鰓への灰の侵入は、稚貝の呼吸効率を著しく低下させると推測される。したがって、本実験におけるフクトコブシの死亡は呼吸に困難をきたしたことが要因として推察される。また、より多量の灰の投与により、ビーカー内側面に付着した状態であっても、多くの灰を体内に取り込むことによって脱落し死亡した可能性も考えられる。さらに、体表からの多量の粘液の分泌が、ビーカーへの接着力を低下させて脱落に至った可能性もある。泥土を用いて行われた同様の実験においては、沈着した泥土に覆われたアワビは回避行動を示し、泥土量0.3~0.4%、堆積厚3~4cmで6時間以内に斃死する。また、その際は鰓部に泥土が密着していることが観察されている（五十嵐，1944）。

今回の実験の観察では、投入した火山灰に対してフクトコブシは素早い回避行動をみせたことから、現場海域で沈降してきた灰に対しても同様な行動をとり、灰を回避したと推察される。ビーカー内側面への付着

を維持した個体はある程度生存可能であり、火山灰の沈降は予想以上に早かった。海域では波浪の作用を考慮する必要はあるものの、フクトコブシの生残に大きく影響するのはけん濁灰よりも堆積灰であると推察される。しかし、けん濁物が幼生の奇形出現率を増加させたり、稚貝の成長や成貝の生理に悪影響を及ぼすという報告がある（坂本ら、1980）。また、有害物質が火山灰から海水中に溶出する可能性も考えられる。三宅島磯根漁場ではテングサの増殖やフクトコブシの再生産が確認されてきているものの*、降灰が餌料藻類を枯らすなどの間接的な影響も考える必要があり、フクトコブシ資源の今後の動向は、沿岸生態系全体の変化・回復の中で考えていく必要がある。

謝 辞

火山灰とフクトコブシの提供及びそれらの輸送手配をしていただいた東京都水産試験場、東京都栽培漁業センターに厚くお礼申し上げます。本文を校閲していただいた東京都水産試験場（現東京都島しょ農林水産総合センター）の工藤真弘氏に深謝いたします。また、火山灰粒子の計測及び組織切片作製において実験補助をしていただいた野地美紀氏に感謝いたします。

文 献

- Bell, T. A. and Lightner, D. V., 1988: A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology, Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas, p. 2.
- Crofts, D. R., 1929: Haliotis, The University Press of Liverpool, pp. 43-49.
- 五十嵐彦仁, 1944: 泥土による鮑の被害に就て, 日水誌, 12(6), 202-203.
- 坂本博規, 1978: アワビに及ぼす濁りの影響試験-I, 和水増試報, 10, 107-114.
- 坂本博規, 難波武雄, 小川 健, 1980: アワビに及ぼす濁りの影響試験-II, 和水増試報, 11, 88-97.
- 水産庁北海道区水産研究所, 北海道立函館水産試験場, 北海道室蘭地区水産技術普及指導所, 2000: 有珠山噴火による海洋・生物への影響緊急調査報告書, pp. 30-48.
- 東京都水産試験場, 2001: 三宅島噴火, 神津島地震災害漁場調査, 平成12年事業成果速報, p.18.
- 東京都水産試験場, 2002: 三宅島噴火災害漁場調査, 平成12年度東京都水産試験場事業報告, pp. 48-49.
- 東京都水産試験場, 2003: 三宅島噴火災害漁場調査, 平成13年度東京都水産試験場事業報告, pp. 48-49.

* 東京都水産試験場大島分場, 2003: 三宅島噴火災害影響調査・第15回

Artificial fertilization and time course observations of embryonic development of round herring, *Etrumeus teres*, off the Pacific coast of Japan

Shinji UEHARA^{*1}, and Takumi MITANI^{*2}

Abstract Time course data of the embryonic development of the round herring, *Etrumeus teres*, was described from fertilization to hatching at 20.0°C for artificially fertilized eggs from adults sampled in Tosa Bay, southern Japan. The early blastula stage occurred at 4.3 h. The blastoderm covered more than half of the yolk at 15.1 h, the blastopore closed at 21.9 h and the embryo began to hatch at 64.2 h after fertilization.

Key words: *Etrumeus teres*, round herring, development, embryo

Etrumeus is a clupeid genus consisting of two species, *E. teres* and *E. whiteheadi*. The former species has a worldwide distribution; in the Indo-West Pacific including off southern African coast, western Atlantic, and eastern Pacific, and the distribution of the latter is restricted to off the southern African coast and in the southeastern Atlantic (Whitehead, 1985). Around Japan, *E. teres* inhabits in the western coastal waters and is an important resource for commercial fisheries.

There are some papers dealing with the early life history of this species around Japan reflecting the importance of this species to fisheries. The distributions of eggs and larvae were reported by Konishi (1980), Hayashi (1990) and Uehara and Mitani (2002). Hayashi and Kawaguchi (1994) investigated the larval growth by examination of the otolith microstructure.

As for the early development, despite the larval development being reported in some detail (Uchida, 1958; Takita, 1988; Watson and Sandknop, 1996), the embryonic development (Mito, 1961; Ahlstorm and Moser, 1980) is still requires clarification, i.e. time course data of the embryonic development from

fertilization to hatching. Time course data of the embryonic development is essential for ageing eggs. Given the egg ages, it is possible to estimate not only spawning time but also egg mortality. O' Toole and King (1974) described a series of embryos from the blastodermal cap stage and the larval development of *E. teres* collected off South Africa but without time course information. However, after their publication in 1974, Wongratana (1983) found a new species *E. whiteheadi* off South Africa. We are not able to categorically state which species was described by O' Toole and King (1974) at this point.

A simple description of embryonic development is not the scope of this study. The focus of this study is describing a detailed time course series of observations of the embryonic development from fertilization to hatching, of *E. teres* off the Pacific coast of Japan and comparisons are made with available information in the literature.

Adult *E. teres* were caught with a midwater trawl (67 m long, 23 m vertical mouth opening) in Tosa Bay off southern Shikoku, Japan (33° 22' N, 133° 48' E) at 19:52-20:22 hours on 27 November 1998. Estimated trawl depth was 32 m at the centre

2006年1月19日受理 (Received on January 19, 2006)

*1 東北区水産研究所 〒985-0001 宮城県塩釜市新浜町3-27-5

(Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinhamma, Shiogama, Miyagi 985-0001, Japan)

*2 中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市中区福浦2-12-4

(National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura, Kanazawa, Yokohama 236-8648, Japan)

of mouth opening. Sea surface temperature at collection was 22.6°C. Ripe fishes were immediately sorted as parental stock for artificial fertilization. Eggs of two females (184 and 186 mm standard length [SL] after 10% formalin fixation) were collected in a dry stainless bowl by pressing abdomens of the females, then milt of four males (172 to 188 mm SL after 10 % formalin fixation) was added over them in the same manner. Fertilization was ensured by mixing eggs, sperm, and field sea water at 20:38 hours. After several minutes the eggs were washed and fragments of tissues were removed.

Approximately 200 floating eggs were transferred to a 1-L polyvinyl chloride bottle (97 mm diameter, 167 mm height) containing filtered sea water. Then, the bottles were placed in a temperature-controlled bath (Thermostatic Water Bath T-2; Thomas Kagaku, Tokyo, Japan) equipped with a cooler

(Handy Cooler TRL-107NH; Thomas Kagaku, Tokyo, Japan). Water temperature was maintained at 20.0 °C, which approximated the temperature in the field during the period of peak spawning. Removal of dead eggs and exchange of incubation water were arbitrarily done.

Embryonic development was checked under binocular microscopes (SMZ-10 and OPTIPHOTO; Nikon, Tokyo, Japan) at intervals and color photographs of each stage were taken in life with combinations of various focal lengths and lighting conditions on board. After observations, some of the specimens were fixed in 5% formalin for additional observations. All measurements were from fresh specimens using a calibrated ocular micrometer. Myomere counts followed the definitions of Leis and Trnski (1989).

The newly fertilized eggs were spherical, transparent, buoyant and unpigmented. Eggs ranged

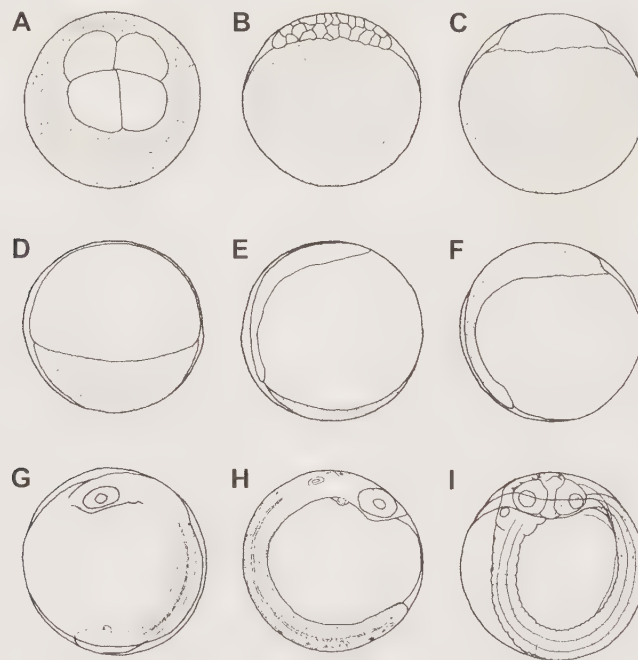


Fig. 1. Embryonic development of eggs of *Etrumeus teres*. **A** 4-cell stage, 1.6 h; **B** morula stage, 3.6 h; **C** late blastula stage, 6.0 h; **D** blastoderm covered more than half of the yolk surface, 15.1 h; **E** appearance of embryo, 18.2 h; **F** 4 myomeres, 22.3 h; **G** formation of optic lens, 24 myomeres, 30.4 h; **H** beginning of embryonic movement, beginning of heart pulsation, 43 myomeres, 40.9 h; **I** embryo encircled the yolk sac, 61.1 h. Drawing of yolk segmentation is omitted after blastula stage to make the epiboly clear, although the segmentation is visible all through the embryonic development.

from 1.38 to 1.45 mm in diameter (1.41 ± 0.02 mm, $n = 13$) (mean $\pm$ SD) and had no oil globule, a clear and unsculptured chorion, narrow perivitelline space, and segmented yolk. The average ($\pm$ SD) major diameter of yolk segments was 0.14 ± 0.03 mm ($n = 17$).

Fertilized eggs reached the 2-cell stage by 1.4 h, the 4-cell stage at 1.6 h (Fig. 1A), the 8-cell stage at 2.4 h, the 16-cell stage at 2.5 h, and the morula stage at 3.6 h after fertilization (Fig. 1B). Eggs reached the early blastula stage at 4.3 h, the late blastula stage at 6.0 h (Fig. 1C), and the gastrula stage by 12.0 h. After 15.1 h, the blastoderm covered more than half of the yolk surface (Fig. 1D), the embryonic body appeared at 18.2 h (Fig. 1E), and the blastopore closed at 21.9 h. Four myomeres appeared and differentiation of optic vesicles commenced at 22.3 h (Fig. 1F). Optic and Kupffer's vesicles were clearly visible at 23.4 h and 12 myomeres appeared at 24.8 h. Optic lens formed and 24 myomeres appeared at 30.4 h (Fig. 1G). Otic capsules were observed at 33.1 h. After 36.3 h, Kupffer's vesicle disappeared and the posterior tip of the body became separate from the yolk. The embryo, with 43 myomeres, began to move and the heart began to pulsate at 40.9 h (Fig. 1H). By this stage, melanophores appeared on the head and dorsal part of the posterior body. Otoliths were visible in each otic capsule at 42.2 h. Between 42.2 h and 61.1 h, eggs floating in the upper layer in a bottle began to be distributed in the middle to bottom layer. By 61.1 h, embryo had encircled the yolk sac, the posterior tip of the body reached beyond anterior tip of the head, and melanophores

increased on the ventral part of the posterior body (Fig. 1I).

The embryos began to hatch at 64.2 h after fertilization. Newly hatched larvae ranged from 4.09 to 4.82 mm in total length (4.47 ± 0.33 mm, $n = 5$) (mean $\pm$ SD), 3.95 to 4.64 mm in notochord length (4.30 ± 0.30 mm, $n = 5$) (mean $\pm$ SD), and had 54 myomeres (Fig. 2). Melanophores were scattered dorsally from midbrain to the caudal tip. Patch of melanophores was observed on the posterior part of intestine along with ventral finfold (approximately 10 myomeres ahead of the anus). A few melanophores were found on the lateral side of the body and just behind of the anus. Eyes were unpigmented. Pigmentation patterns, especially the number of dorsally scattered melanophores, varied individually.

This study firstly details the entire embryonic development of genus *Etrumeus* from fertilization to hatching with time course information. Egg size is similar to that of an *Etrumeus* species (described as *E. teres* in the original article) off South Africa examined by O' Toole and King (1974).

No reports are available on the time course of egg development in *Etrumeus*. O' Toole and King (1974) described and drew some stages of the *Etrumeus* species without time data. Optic vesicles and lens were drawn on the figure prior to the blastopore closure. However, our results show that the optic vesicles and lens were formed at 1.5 h and 8.5 h after the blastopore closure, respectively. Thus, the blastopore closure in *E. teres* off the Pacific coast of Japan occurs at an earlier embryo stage than that in

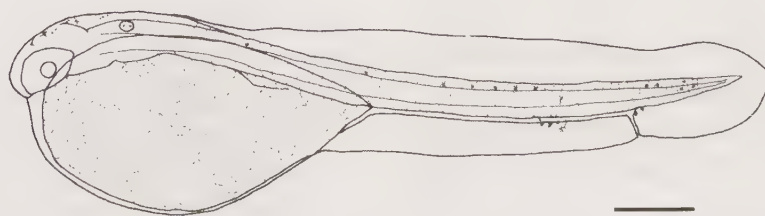


Fig. 2. Newly hatched larva of *Etrumeus teres*. Scale bar = 0.5 mm.

the *Etrumeus* species off South Africa.

Hatching of *E. teres* off the Pacific coast of Japan began at 64.2 h after fertilization at 20°C. This is slightly longer than approximately 2.1 days at 21–22°C in the Gulf of Mexico (Houde, 1977). Considering the slightly low temperature in this study, it seems that both times required from fertilization to hatching are nearly identical. Incubation time in the *Etrumeus* species off South Africa was estimated 38.4 h at 20°C by the formula (O'Toole and King, 1974). This is considerably shorter than our results. Embryos of *E. teres* off the Pacific coast of Japan and in the Gulf of Mexico developed more slowly at the same temperature.

Vertical shifts in the positions of late stage eggs were observed in a bottle, i.e. from upper layer to middle-bottom. This phenomenon was observed in several fish species and was caused by the increase in specific gravity of eggs (e.g., Coombs, 1981; Coombs *et al.*, 1985; Tanaka, 1990). Thus, the change of specific gravity before hatching would cause the sinking of *E. teres* eggs as well as other species. Deeper distribution of late stage eggs has been suggested in the field study in the coastal area off southwestern Japan (Konishi, 1980).

The size range of newly hatched larvae in this study (4.09–4.82 mm in total length) is similar to those in previous reports for *Etrumeus* (Mito, 1961; O'Toole and King, 1974). Patch of melanophores on the posterior part of intestine, which is a diagnostic feature in larval *E. teres* (Takita, 1988), were also observed in newly hatched larvae of this study, although no melanophores on that part of the body were seen in the *Etrumeus* species off South Africa (O'Toole and King, 1974).

As stated above, some remarkable differences in developments of eggs and newly hatched larvae are shown between *E. teres* off the Pacific coast of Japan and the *Etrumeus* species off South Africa (O'Toole and King, 1974). Also, there is obvious difference in incubation time between the Gulf of Mexico (Houde, 1977) and South Africa (O'Toole and King, 1974). The differences might be due to different species; i.e., the *Etrumeus* species off South Africa was not *E. teres* but *E. whiteheadi*. Even if the species described by O'Toole and King (1974) was *E. teres*, the early development described

here suggests significant geographical differences within species. It is known that *E. teres* in the Gulf of Mexico does not spawn at the low temperatures observed in South African waters (Houde, 1977). Also, *E. teres* off the Pacific coast of Japan does not spawn at such low temperature (Uehara and Mitani, unpubl.). *Etrumeus* off the Pacific coast of Japan and in the Gulf of Mexico likely to be adapted to warm temperatures.

We gratefully acknowledge the support provided by the captain and crew of the T/V *Ten-yo Maru* (National Fisheries University). We also thank Dr. Y. Iwatsuki for his helpful advice at the inception of this research.

References

- Ahlstorm E. H. and Moser H. G., 1980 : Characters useful in identification of pelagic marine fish eggs. *CalCOFI Rep.*, **21**, 121–131.
- Coombs S. H., 1981 : A density-gradient column for determining the specific gravity of fish eggs, with particular reference to eggs of the mackerel *Scomber scombrus*. *Mar. Biol.*, **63**, 101–106.
- Coombs S. H., Fosh C. A., and Keen M. A., 1985 : The buoyancy and vertical distribution of eggs of sprat (*Sprattus sprattus*) and pilchard (*Sardina pilchardus*). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **65**, 461–474.
- Hayashi K., 1990 : Seasonal abundance and vertical distribution of fish eggs and larvae in Toyama Bay, the Japan Sea. *Bull. Toyama Pref. Fish. Exp. Stn.*, **2**, 1–17.
- Hayashi A. and Kawaguchi K., 1994 : Growth and daily otolith increments of reared round herring *Etrumeus teres* larvae. *Fish. Sci.*, **60**, 619.
- Houde E. D., 1977 : Abundance and potential yield of the round herring, *Etrumeus teres*, and aspects of its early life history in the eastern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, **75**, 61–89.
- Konishi Y., 1980 : Vertical distribution of eggs and larvae of sardine, *Sardinops melanosticta* (T. et S.) and round herring, *Etrumeus micropus* (T. et S.). *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, **12**, 93–103.
- Leis J. M., and Trnski T., 1989 : The Larvae of

- Indo-Pacific Shore Fishes. New South Wales University Press, Kensington, 371pp.
- Mito S., 1961 : Pelagic fish eggs from Japanese waters-I. Clupeina, Chanina, Stomiatina, Myctophida, Anguillida, Belonida and Syngnathida. *Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ.*, **18**, 285-310.
- O'Toole M. J. and King D. P. F., 1974 : Early development of the round herring *Etrumeus teres* (De Kay) from the south east Atlantic. *Vie Milieu*, **24**, 443-452.
- Takita T., 1988 : Round herring, in "An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan" (ed. by Okiyama M.). Tokai University Press, Tokyo, pp. 3.
- Tanaka Y., 1990 : Change in the egg buoyancy of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* during embryonic development. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 165.
- Uchida K., 1958 : Round herring *Etrumeus micropus* (TEMMINCK et SCHLEGEL), in "Studies on the Eggs, Larvae and Juvenile of Japanese Fishes, Ser. 1" (ed. by Uchida K., Imai S., Mito S., Fujita S., Ueno M., Shojima Y., Senta T., Tahuku M., and Dotu Y.), 2nd Lab. Fish. Biol. Fish. Dept., Fac. Agr., Kyushu Univ., Fukuoka, pp. 5-7.
- Uehara S. and Mitani T., 2002 : Horizontal and diel vertical distribution of eggs and larvae of two clupeoid fish (*Etrumeus teres* and *Sardinops melanostictus*). *Fish. Sci.*, **68**, Suppl. 1, 435-436.
- Watson W. and Sandknop E. M., 1996 : Clupeidae, herrings, in "The Early Stages of Fishes in the California Current Region" (ed. by Moser H. G.), Allen Press, Lawrence, pp. 159-171.
- Whitehead P. J. D., 1985 : FAO species catalogue. Vol 7. Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Pt 1 - Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fisheries Synopsis 125, FAO, Rome, 303pp.
- Wongratana T., 1983 : Diagnoses of 24 new species and proposal of a new name for a species of Indo-Pacific clupeoid fishes. *Jpn. J. Ichthyol.*, **29**, 385-407.

深海生物採集用大型桁網 (Beni-Zuwai 1号) の開発

廣瀬太郎^{*1}・養松郁子^{*1}・白井 滋^{*1}・南 卓志^{*1a}・丹生孝道^{*2}

Development of a large-sized dredge 'Beni-Zuwai Type 1' for deep sea bottom sampling

Taro HIROSE^{*1}, Ikuko YOSHO^{*1}, Shigeru SHIRAI^{*1}, Takashi MINAMI^{*1a}, and Kodo NIU^{*2}

Abstract A large-sized dredge 'Beni-Zuwai Type 1 (BZ-1)' was designed for sampling mainly in sea bottom deeper than 1000m. The width and height of the BZ-1 were 8.2 and 1m, respectively. Its weight was 1150kg (890kg in water). Sea trial was conducted at a depth of 500-2000m. The BZ-1 was towed at the speed of 2 knots for 15 minutes with a single warp which was shorter than that required for an otter trawl. For example, for trawling at 2000m depth the warp length and the total operating time was 2720m and about 2 hours, respectively. The catch ability of the BZ-1 was compared with that of an otter trawl. The BZ-1 collected large individuals of many species as well as the otter trawl, and small individuals which were not caught by the otter trawl. Catch number and weight per swept area of the BZ-1 were more than those of the otter trawl. From these results, the BZ-1 was an effective sampling gear in deep sea.

Key Word : deep sea, sampling gear, dredge, Beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus*

底棲性の魚類や大型甲殻類の採集調査には、オッタートロール網などの曳航式採集器具や、籠網などの設置型採集器具が用いられる。しかし、水深が深くなればなるほど、オッタートロールではより長いワープが必要となり、籠網では設置に要する網が長くなるなどの理由で、調査可能な船舶が制限されるといったことが問題となる。

日本海のベニズワイ *Chionoecetes japonicus* は水深1000~2000mを中心に水深500~2700mに分布し(富山水試ら, 1986)、日本海では最も深い所に生息する漁獲対象種である。本州沖の日本海では年間1万トン以上が水揚げされているが、年々漁獲量が減少しているため、資源状態の悪化が懸念され(養松, 2004)。

資源状態の正確な把握と適切な資源管理が求められている。ベニズワイは「指定漁業の許可及び取り締まり等に関する省令」により、籠網による甲幅90mmを超える雄の漁獲のみが許可されている。また、籠網の構造上、小型個体や雌ガニは漁獲されないため、市場調査から小型個体や雌の生息状況を把握することはできない。また、ベニズワイは深海に生息しているため、かけまわしやオッタートロールなど従来の曳網漁具で採集することが難しく、これまで分布生態に関する十分な調査が行われてこなかった。

そこで、日本海におけるベニズワイの分布調査のために、2000m程度の深海においても、オッタートロールよりも短いワープ長で安定した曳網ができ、しか

2006年3月8日受理 (Received on march. 8, 2006)

^{*1} 日本海区水産研究所 〒951-8121 新潟県新潟市水道町1-5939-22 (Japan Sea National Fisheries Research Institute, 1-5939-22 Suido, Niigata, Niigata, 951-8121, Japan)

^{*2} 兵庫県立香住高校 〒669-6563 兵庫県城崎郡香美町香住区矢田40-1 (Hyogo Prefectural Kasumi Senior High School, 40-1 Yada Kasumi, Kami, Kinokawa, Hyogo, 669-6563, Japan)

^{*1a} 現住所: 東北大学大学院 〒981-8555 宮城県仙台市青葉区雨宮町堤通 1-1 (Graduate school of Tohoku University, 1-1 Tsutsumidori Amemiya, Aoba, Sendai, miyagi, 981-8555, Japan)

も分布調査として必要な採集量を確保できる採集器具を目指し、大型桁網を開発した。まず試作型の作製と曳網テストを経て（廣瀬ら，2004），新たに Beni-Zuwai 1号（BZ-1）を作製し、本格的に調査に導入した。本研究では，水深500～2000m で調査を行った結果および BZ-1と従来用いられてきたオッタートロールとの比較の結果から，BZ-1の性能について検討した。

試料と方法

Beni-Zuwai 1号（BZ-1）の仕様

調査に使用した船舶は兵庫県立香住高校実習船「但州丸（499トン，1800馬力）」で（Table 1.），BZ-1は但州丸の大きさおよび装備に合わせて設計された。BZ-1は横幅8.2m，高さ1m の鋼鉄製桁枠に網を取り付けたものである（Fig. 1.）。桁枠はそり部分と枠部分に分離可能で，枠部分はさらに中央で分割可能とした（Fig. 2.）。各部重量は，そり部分が1個330kg（100kg加重板込み），枠部分（接合時）が490kg とし，合計重量は1,150kg（水中重量約890kg）とした。枠部分はH鋼で組み立てられており，筋交い部分のみアングルとした。また，枠の左舷側にネットレコーダー取り付け台を設け，曳網時には深海用ネットレコーダー（古野電気 CN-2220）を取り付け，曳網状態を監視した。使用した網は，身網および魚取り部（コッドエンド）外張はポリエチレン製で，コッドエンドの内張のみナイロン製とした（Fig. 3.）。身網の目合い（伸長状態）は最も桁寄りの部分のみ34mm，残りの部分は25mm とし，コッドエンドの目合いは20mm とした。グランドロープはゴムボビンと打ち抜きタイヤをチ

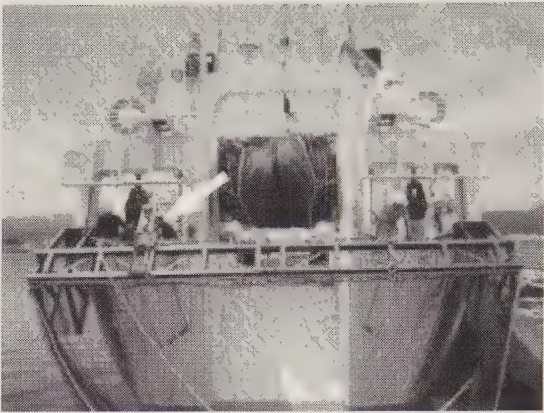


Fig. 1. Dredge net ‘Beni-Zuwai Type 1’ setting at stern of R.V. Tanshu-maru. The arrow indicates net-recorder.

ェーンに通したもので，長さ9.6m，重さ57kg（水中重量44kg）とした（Fig. 2.）。沈降を促すための重量を桁に持たせた分，グランドロープは軽いものとし，曳網時における泥の入網防止をはかった。網は桁枠全体に取り付けられたため，開口部の幅と高さは桁枠と同一である。ただし，そり部分の後方にも網があるため，有効な開口部はそり部分の幅（片側0.7m）を引いた6.8mである。桁網の曳索は径14mm のワイヤー製で，曳網時に1本のメインワープで曳網するようにし，桁枠回収時のために径14mm の遊びワイヤーを取り付けた（Fig. 2.）。また，但州丸ではスリップウェーの幅が狭いことなどの船尾の構造上，桁枠を船内に取り込むことが容易ではないため，コッドエンド回収にクォータ・ロープ（30mm ナイロン製）を使用した。クォータ・ロープはコッドエンドと身網接合部に取り付け，曳網時には末端を桁枠左舷側上部に結び，根掛かりを防止した（クォータ・ロープの使用方法是

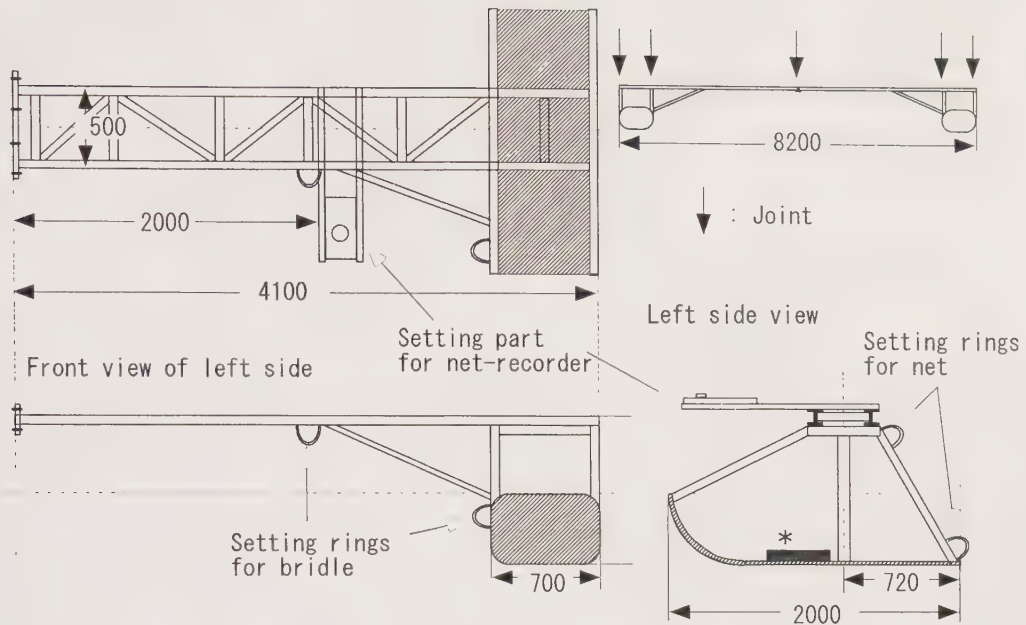
Table 1. Specification of R.V. Tanshu-maru

Total length	56.19 m
Breadth	9.50 m
Depth	6.12 / 3.80 m
Type of ship	Double decker (flush deck) / aft engine
Gross tonnage	499 t
Service speed	12.0 kn
Main engine	1800 PS
Trawl winch	2
Maximum load of trawl winch	8 t
Diameter of main warp	20 mm
Total length of main warp	3000 m
Cargo hoist on the gantry	2
Maximum load of cargo hoist	0.9 t

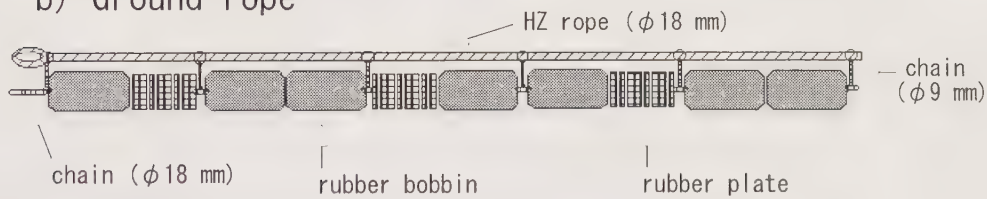
a) Frame

Air view of left side

Front view



b) Ground rope



c) Bridle

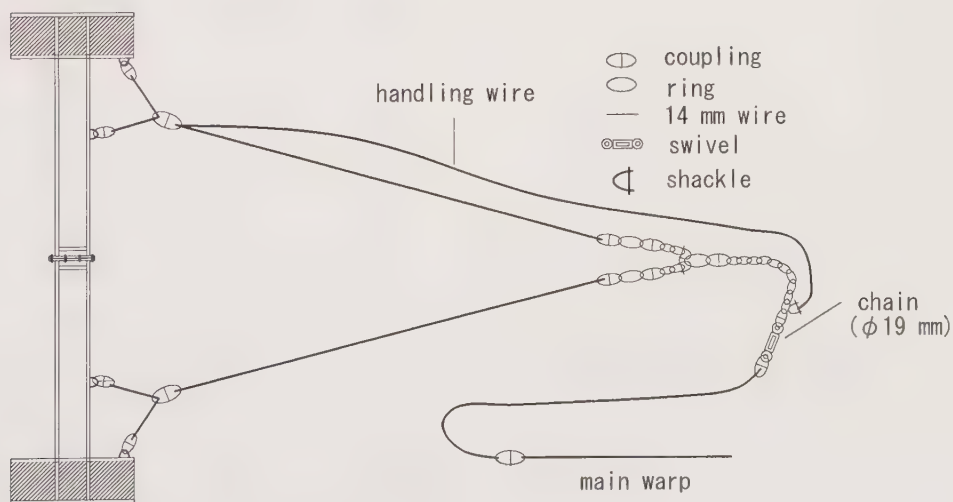


Fig. 2. Design for 'Beni-Zuwai Type 1'.

The shaded part in the frame is sledge of 9 mm thick. The black part (*) in the figure on the sledge is a weight of 100 kg.

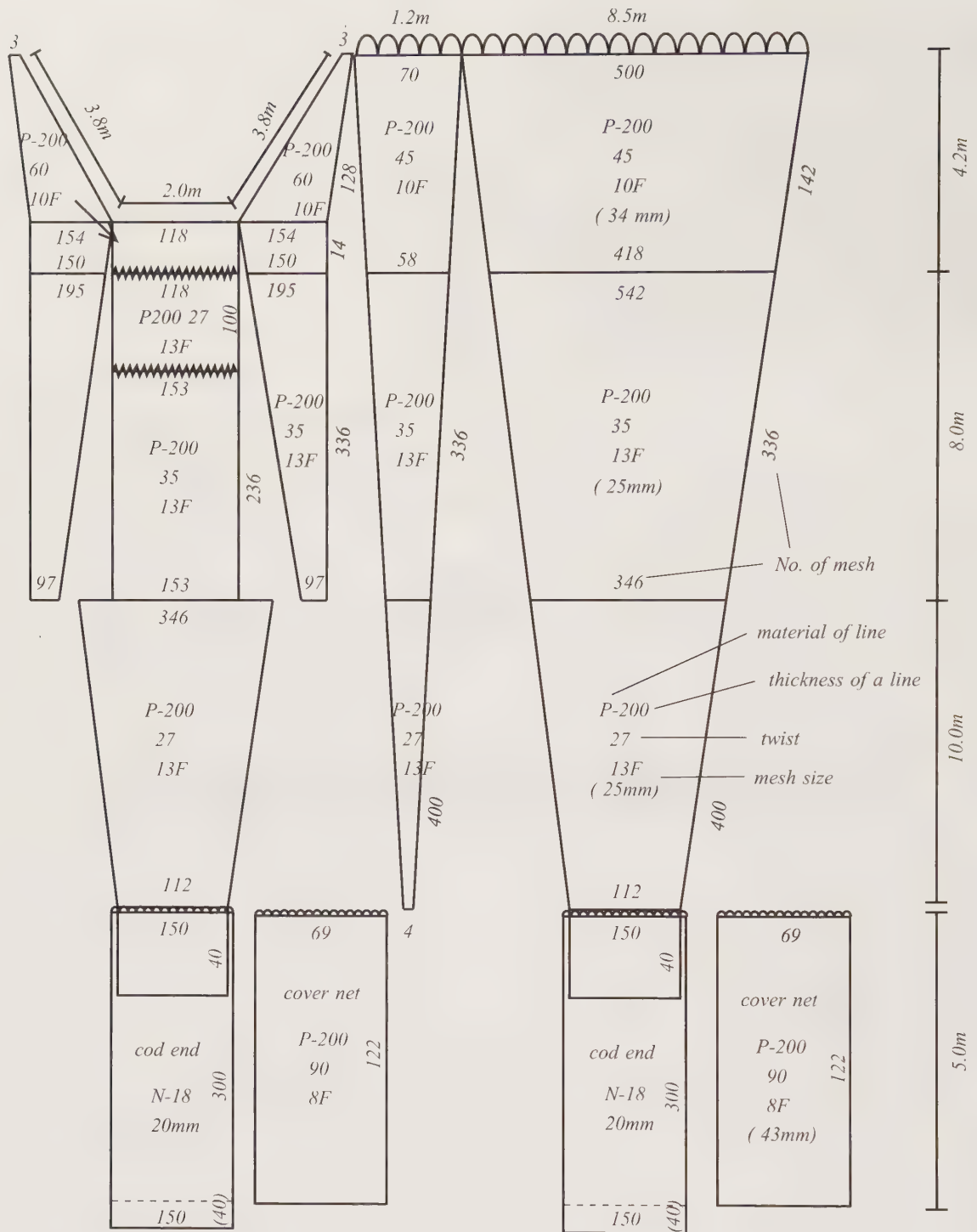


Fig. 3. Net plan of 'Beni-Zuwai Type 1'.

Material of line P and N indicate polyethylene and nylon respectively.

次節)。クォータ・ロープとして海水よりも比重の軽いロープを採用したのは、根掛かりや擦れによる切断を防止するためである。

BZ-1の曳網方法

BZ-1の曳網は片舷のトロールウィンチ（但州丸では

右舷メインワープ1本）で行ったが、投網時には両舷のトロールウィンチを使用した（Fig. 4）。まず左舷側（遊びワイヤー）を巻き、右舷側を緩め、左舷側ブライドルを右舷側ブライドルと結合させた。次に左舷側を緩め、遊びワイヤーを左舷メインワープからはずし、ブライドルと結合させ曳網時と同じ状態にした後、

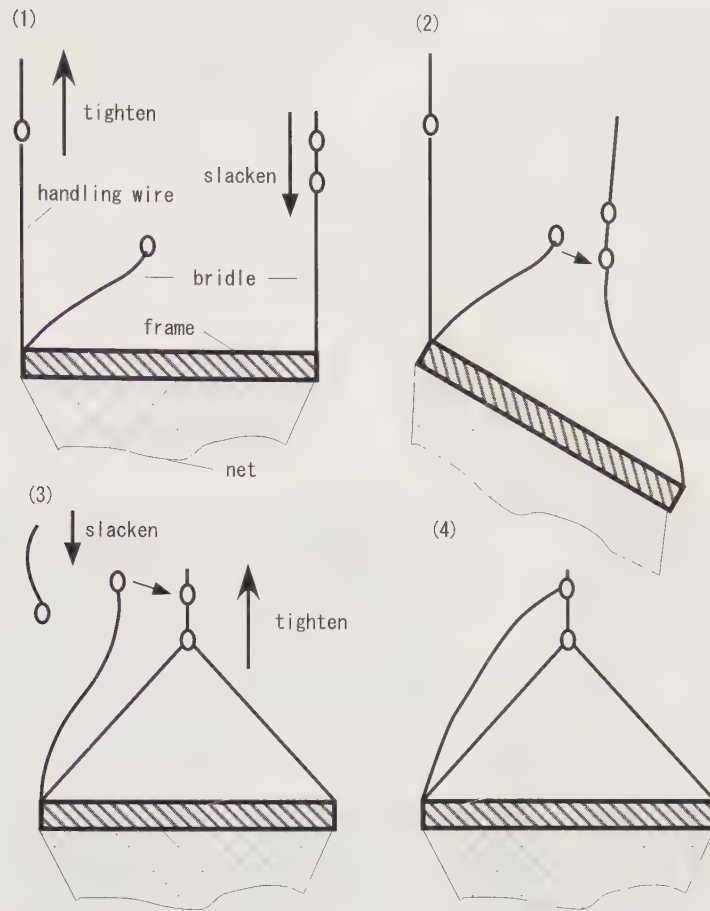


Fig. 4. Bridle-setting procedure of 'Beni-Zuwai Type 1' before casting.
 (1) tighten the handling wire and slacken main bridle of right side. (2) attach left main bridle to right main bridle. (3) tighten main bridle and slacken handling wire. (4) attach handling wire to the main bridle (setting is complete).

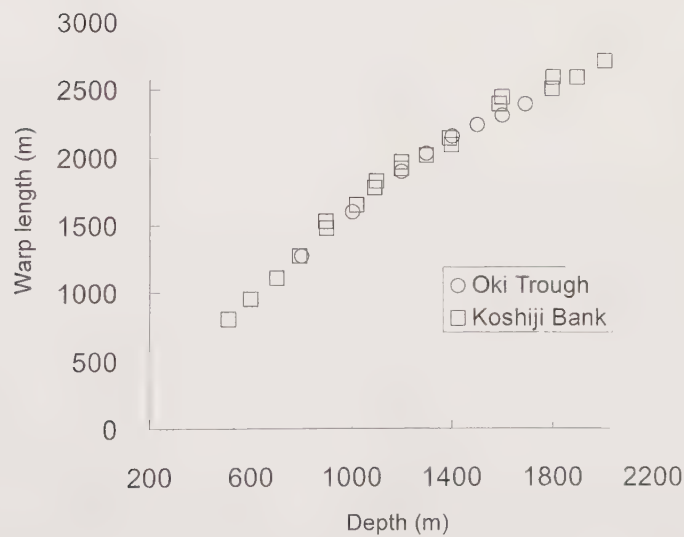


Fig. 5. Relationship between sea bottom depth and warp length at each sampling point.

右舷側メインワープの繰り出しを開始した。ワープ長は水深に応じて変化させ、水深の1.4~1.8倍としたが、水深の深い定点ほど倍率を低くした (Fig. 5)。ワープセットまでのワープ繰り出し速度は約1.7m/s、船速は約4ノットで、セット後は船速を舵が効く限界まで落とし、桁網の沈降を促した。網が海底上60m程度まで接近したときに、船速を曳網速度の2ノットまで上げた。着底後の曳網時間は15分とした。曳網終了後のワープ巻き上げ速度は1.2m/sとし、巻き上げ時の船速は0.5~1ノットとした。桁枠の回収は投網時の逆の手順で行われた。桁枠が船尾に到達したところで、ギャロース上の両舷に設置されたカーゴホイス

トで桁枠を吊り上げ、ストッパー・チェーンで固定した。コッドエンドの回収には前節で述べたクォータ・ロープを使用した。コッドエンド収容時には、予めスリップウェーからギャロースの外舷側へ曳索を回しておき、この曳索とクォータ・ロープを繋ぎ、曳索を甲板のキャプスタンで巻きあげた (Fig. 6.)。

現場での BZ-1の曳網

現場での曳網は、2004年8月下旬~9月上旬に、傾斜が比較的緩い兵庫県沖合隠岐舟状海盆の水深800~1700mの海域と、急傾斜の新潟県沖合越路礁の水深500~2000mの海域で実施した (Fig. 7.)。各定点では

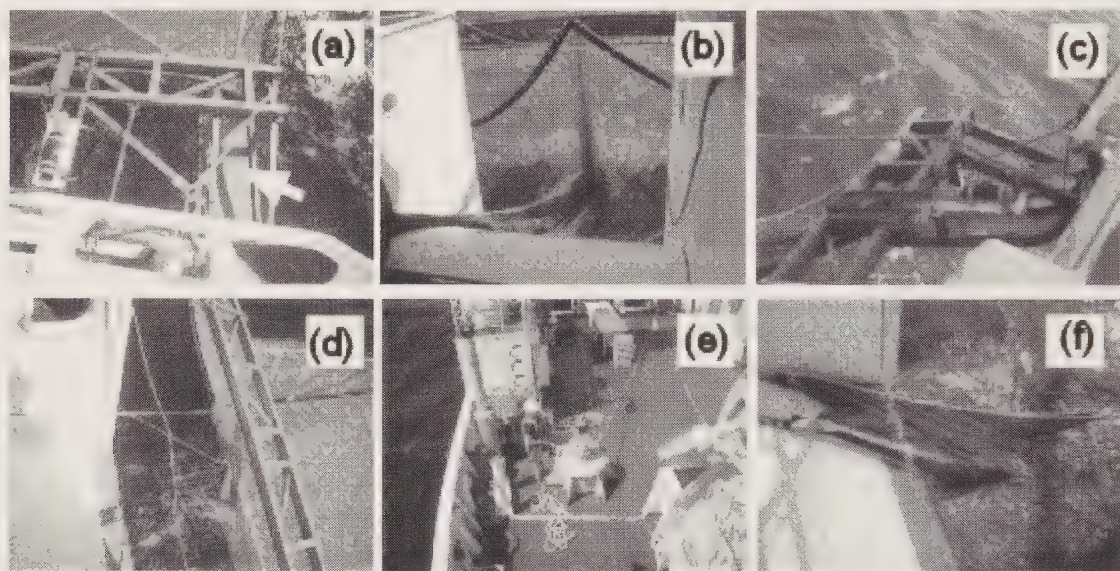


Fig. 6. Hauling procedure of cod-end of 'Beni-Zuwai Type 1'. The arrow shows the quarter-rope used to heave cod-end (a). The ground-rope is suspended while heaving cod-end (b). The quarter-rope is linked with another rope (c), passed under the net (d), and wound up by a capstan (e). The cod-end is hauled on the deck from the slip-way (f).

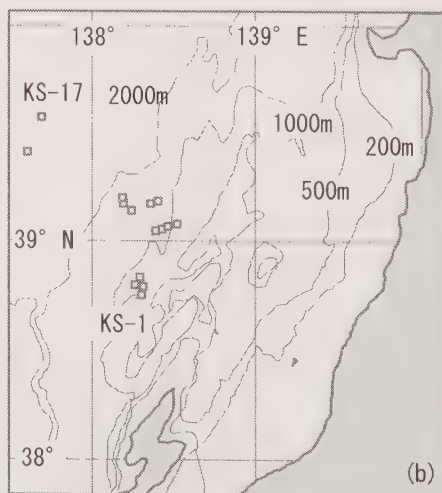
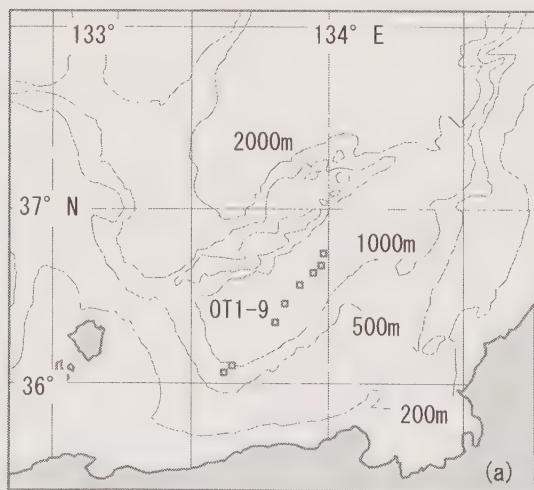


Fig. 7. Research area.
(a) Oki Trough (b) Koshiji Bank

等深線と平行に曳網を行い、投網開始から着底までの時間（沈降時間）、投網開始から揚網終了までの総作業時間、ワープ長および曳網距離等を記録した。

オッタートロールとの比較

日本海区水研では水産庁委託事業「資源評価調査」の一環として、ズワイガニ *C. opilio* の資源量推定を、オッタートロールによる採集調査結果に基づいて実施している（木下ら，2004）。その際用いられているトロール網はNT-4型と呼ばれるもので（Fig. 8.），網高さ6 m，袖先間隔18m，コッドエンドの目合い20mmとなっている。ここでは、トロール網NT-4型とBZ-1とを同じ定点で曳網し、採集生物種組成、採集量および採集生物のサイズを比較することで、BZ-1の性能について検討した。網の比較試験は隠岐舟状海盆の水深800m（定点 OT-1.），および1000m（定点 OT-3）の定点で実施した（Fig. 7（a.））。NT-4型の曳網は2004年8月24日に、BZ-1の曳網は8月27日に実施した。BZ-1が2ノットで15分、NT-4型が3ノットで30分の曳網を行い、各曳網ごとに曳網距離を記録し、開口部の幅（BZ-1=6.2m、NT-4=18m）を用いて掃過面積（開口部幅×曳網距離）を算出した。採集された魚類・甲殻類については、種査定、計数および秤量を行った。イカ類を除く軟体動物については種査定は行わず、個体数と重量のみを記録した。また、各生物種について掃過面積当たりの重量（CPUE）を計算した。さらに、日本海深海部の典型的な大型底棲生物であるアカガレイ *Hippoglossoides dubius*、ノロゲンゲ *Bothrocara hollandi*、ベニズワイ *C. japonicus* およびトゲザコエビ *Argis toyamaensis* については、両網で採集された

個体のサイズ組成を比較し、BZ-1の採集物の特徴について検討した。ベニズワイは船上で雌雄に分け、全個体の甲幅を測長した。トゲザコエビとノロゲンゲは採集物中から数百個体を無作為に抽出し、トゲザコエビについては頭胸甲長を、ノロゲンゲについては体長を測長した。さらに、サイズ組成を求め、採集尾数および掃過面積から各サイズ階級の密度指数（個体数/km²）を算出した。アカガレイについては船上で雌雄と成熟状態を判別し、体長を測長した。

結果と考察

BZ-1の曳網状態

各定点における総作業時間を見ると、越路礁水深500m 地点の58分から水深2000m 地点の162分となったが（Fig. 9.），総作業時間には沈降時間が影響を与えていると考えられた。隠岐舟状海盆における曳網では、越路礁に比べて沈降時間が長くなっており、そのことが同一水深であっても、越路礁に比べ隠岐舟状海盆の定点でより多く時間を必要とした原因となった。調査開始当初、潮流に向かって曳網していたことも、網の沈降に影響していると考えられたため、この点を改善し、潮流と同方向に曳網した隠岐舟状海盆1500m以深の定点では、越路礁と同等の沈降時間および総作業時間となった。越路礁水深2000mの定点では、他の定点以上に網の沈降に時間がかかった。これは海底地形の問題で曳網コースが限定され、風向や潮流の影響を強く受けたためであった。しかし、越路礁における総作業時間と水深の間には次式で示される関係があり、順調に調査ができた場合、水深2000mの定点で

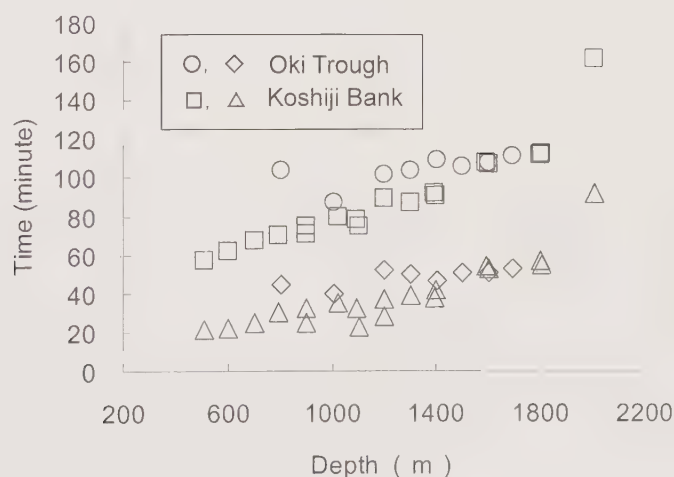


Fig. 9. Relationship between sea bottom depth and operating time at each sampling point. Triangles and lozenges indicate time duration from net casting to touch down at the bottom. Circles and squares show total operating time.

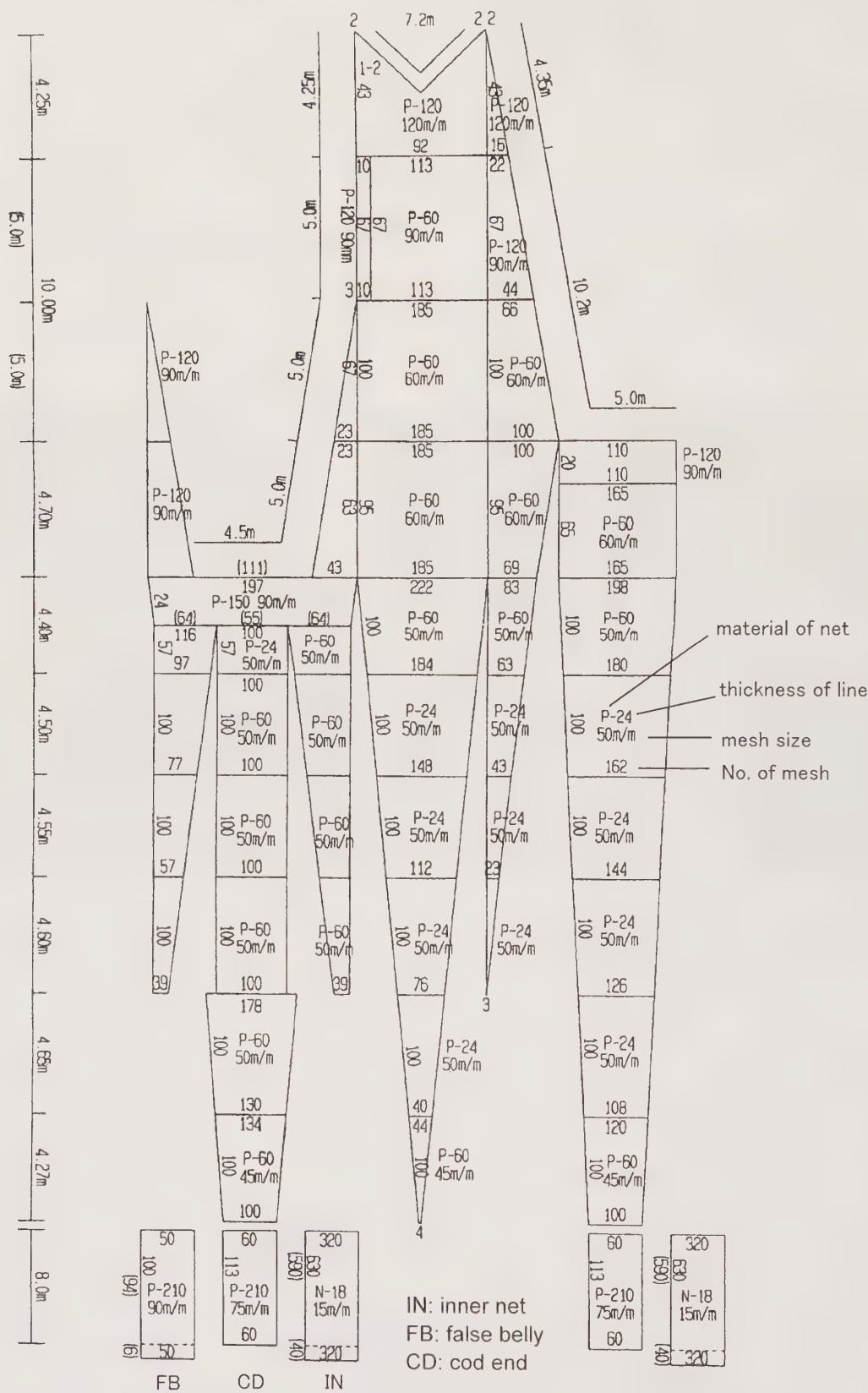


Fig. 8. Net plan of otter trawl 'NT-4'. N: polyethylene net P: nylon net

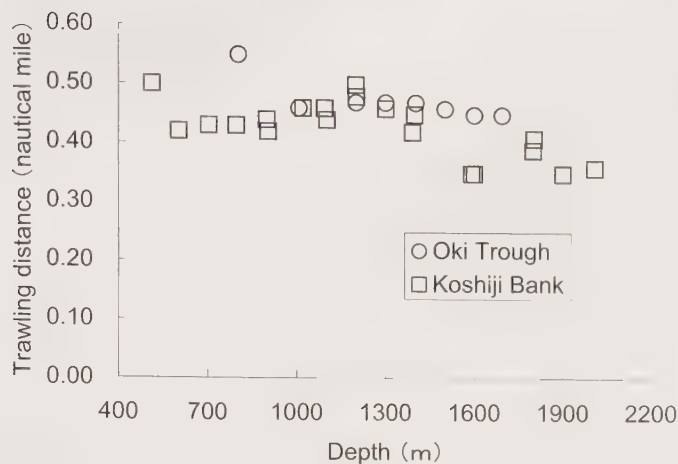


Fig. 10. Relationship between sea bottom depth and towing distance at each sampling point.

も総作業時間は約2時間となることが予測された。

$t = 0.0433d + 34.3 \quad (r^2=0.97)$

t: 所要時間 (分), d: 水深 (m)

(トロールウィンチのテストを行った水深1900m および値のずれが大きい2000m のデータは使用せず)

本調査では曳網速度2ノット、曳網時間を15分としたが、各定点の曳網距離を見ると、ほとんどの定点で0.5海里を下回った (Fig. 10.)。曳網距離が短くなる原因は、曳網中に桁が浮上するのを防止するため、減速したことによる。(減速後、桁が再び着底すると同時に通常の曳網速度に戻した。) 桁の浮上防止のため、ワープ長を曳網途中で長くすることなども試みたが、これを行った定点では泥の入網が多くなり、適当ではないと考える。隠岐舟状海盆では、水深1700mの定点まで水深によらず 0.45~0.47海里と安定した曳網距離が得られた。越路礁では水深1500mまでは0.41~0.50海里と安定していたものの、水深1500m以深

では0.35~0.41海里と値も小さくなり、定点による差も大きくなった。越路礁の深い水深の定点では、隠岐舟状海盆の定点に比べワープを長くしたもの (例えば水深1600m 地点) (Fig. 5.)、安定した曳網距離が得られなかったのは、底層流など海況の影響を受けたためと思われる。隠岐舟状海盆、越路礁とも浅い水深帯で泥が多く入網した点もあったが、コッドエンドの1/3程度の量であり、取り込みの支障にはならず、全量を船上に回収することができた。今回の調査では小石などが多く入網した点もあったが、調査期間中に破網は全く見られなかった。曳網時にワープにかかる張力は、海況 (うねり) によって変化した。但州丸のトロールウィンチ最大安全使用荷重 (8t) を超えることは無かった。

BZ-1の平均曳網距離および作業時間に関しては、潮流、風向、定点の海底地形、そこから決定される曳網コースなどの影響を強く受けると考える。安定したBZ-1の曳網を行うためには、海底地形と潮流および風向に従って、安定した操船が可能な曳網コースを選

Table 2. Trawling condition of sledge net 'BZ-1' and otter trawl 'NT-4'

Station	OT-1 (800m deep)		OT-3 (1000m deep)	
	27 Aug. 2004	24 Aug. 2004	27 Aug. 2004	24 Aug. 2004
Net type	BZ-1	NT-4	BZ-1	NT-4
Warp length (m)	1275	2280	1600	2600
Towing time (m)	15	30	15	30
Towing speed (kn)	2.0	3.0	2.0	3.0
Swept area (m ²)	6919	49950	5789	50283
Total operating time (minutes)	104	112	87	130

定することが重要である。

トロール網 NT-4型との比較

BZ-1とNT-4型の各定点における掃過面積を見ると、OT-1ではBZ-1:6919m²、NT-4型:49950m²、OT-3ではBZ-1:5789m²、NT-4型:50283m²となっており、トロールに対するBZ-1の掃過面積の割合はOT-1で13.9%、OT-3で11.5%となった (Table 2.)。各定点においてBZ-1で採集された生物種を見ると、

NT-4型でも少量しか採集されなかったものを除き、魚類と十脚目甲殻類はNT-4型と同様の組成となっていた (Table 3.)。両網の各生物種に対するCPUEを比較すると、全ての種において両網のCPUEに差は見られなかった (χ^2 検定, $p>0.10$)。

定点OT-1のアカガレイについて見ると、BZ-1では体長254~329 (中央値292) mmの5個体が、NT-4型では体長303~352 (中央値316) mmの13個体が採集された。両器具で採集された個体は全て雌であり、

Table 3. The number, weight and CPUE of each species sampled by dredge 'BZ-1' and otter trawl 'NT-4'

Sampling point OT1 (800 m deep)	BZ-1		NT-4		CPUE (kg/km ²)	
	Number	Weight (kg)	Number	Weight (kg)	BZ-1	NT-4
<i>Malacocottus gibber</i>	4	1.1	18	3.7	164.8	73.3
<i>Careproctus tracysoma</i>	7	1.3	38	7.3	189.3	146.3
<i>Bothrocara hollandi</i>	210	6.9	543	24.0	991.5	480.5
<i>Petroschmidtia toyamaensis</i>	5	0.3	54	5.3	46.2	105.1
<i>Lycodes tanakae</i>	1	3.3	8	9.0	472.6	180.4
<i>Hippoglossoides dubius</i>	5	2.9	13	8.5	411.9	171.0
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0	0.0	5	0.3	0.0	5.2
<i>Chionoecetes japonicus</i> (female)	37	1.1	191	8.4	161.9	168.2
<i>Chionoecetes japonicus</i> (male)	29	2.7	267	30.5	393.1	611.0
Hybrid* (female)	0	0.0	2	0.1	0.0	1.2
Hybrid* (male)	0	0.0	1	0.2	0.0	3.2
<i>Argis toyamaensis</i>	327	2.9	2827	25.2	417.7	505.3
<i>Eualus biunguis</i>	97	0.4	462	2.6	59.3	51.9
<i>Enoploteuthis chunii</i>	0	0.0	10	0.2	0.0	4.6
<i>Gonatus magister</i>	0	0.0	27	4.0	0.0	79.5
Gastropoda	-	2.5	-	17.9	359.9	358.2
Octopoda	0	0.0	1	0.2	0.0	4.2

Sampling point OT3 (1000 m deep)	BZ-1		NT-4		CPUE (kg/km ²)	
	Number	Weight (kg)	Number	Weight (kg)	BZ-1	NT-4
<i>Malacocottus gibber</i>	2	0.7	26	10.3	115.7	205.0
<i>Careproctus tracysoma</i>	1	0.4	3	0.6	63.9	11.5
<i>Bothrocara hollandi</i>	500	12.0	284	9.7	2066.0	193.3
<i>Petroschmidtia toyamaensis</i>	17	1.0	42	2.8	167.6	55.7
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0	0.0	1	0.0	0.0	0.4
					0.0	0.0
<i>Chionoecetes japonicus</i> (female)	57	3.8	193	19.8	656.4	392.8
<i>Chionoecetes japonicus</i> (male)	38	3.2	68	13.5	545.9	267.5
Hybrid* (female)	0	0.0	1	0.2	0.0	4.6
<i>Argis toyamaensis</i>	817	3.9	1400	13.1	677.1	259.5
<i>Eualus biunguis</i>	208	1.2	407	1.9	207.3	38.6
					0.0	0.0
<i>Enoploteuthis chunii</i>	7	0.0	-	0.2	6.9	3.8
<i>Gonatus magister</i>	0	0.0	6	0.5	0.0	9.1
Gastropoda	168	3.2	-	11.8	545.9	234.5

BZ-1で採集された254mmの個体を除いて全て成熟していた。今回の採集結果では、BZ-1で採集された個体はNT-4型に比べ若干小型であったが、密度指数を計算すると、桁網は723 (個体/km²)、トロール網260 (個体/km²)となり、桁網の値がトロールを上回った。このことから、BZ-1でも成熟したアカガレイが十分採集されたと判断した。

ノロゲンゲについて見ると、定点OT-1とOT-3でBZ-1により採集された個体は、それぞれ体長75~276mm (中央値196mm)と体長61~260mm (中央値181mm)であった (Fig. 11.)。一方、両定点でNT-4型により採集された個体は、体長114~269mm (中央値221mm)と体長91~260mm (中央値197mm)であった。いずれの定点においても、NT-4型では体長170mm以下の個体は少数しか採集されていなかったが、BZ-1では多く採集されており、とくに体長

100mm前後にも体長モードが存在した。これらの結果から、BZ-1はNT-4型で採集されるサイズをカバーし、さらに小型個体も多く採集できると考えられた。

ベニズワイ雌について見ると、定点OT-1とOT-3でBZ-1により採集された個体は、それぞれ甲幅12.2~72.6mm (中央値46.0mm)と甲幅9.3~80.8mm (中央値60.0mm)であった (Fig. 12.)。一方、両定点でNT-4型により採集された個体は、甲幅12.9~72.0mm (中央値44.4mm)と甲幅21.3~80.8mm (中央値68.4mm)であった。雄について見ると、BZ-1により採集された個体は、それぞれ甲幅13.9~133.4mm (中央値47.2mm)と甲幅12.0~117.9mm (中央値26.4mm)であった。一方、NT-4型により採集された雄個体は、甲幅21.5~142.8mm (中央値51.1mm)と甲幅17.4~140.0mm (中央値49.7mm)であった。NT-4型で若干大型の雄が採集されたが、雌

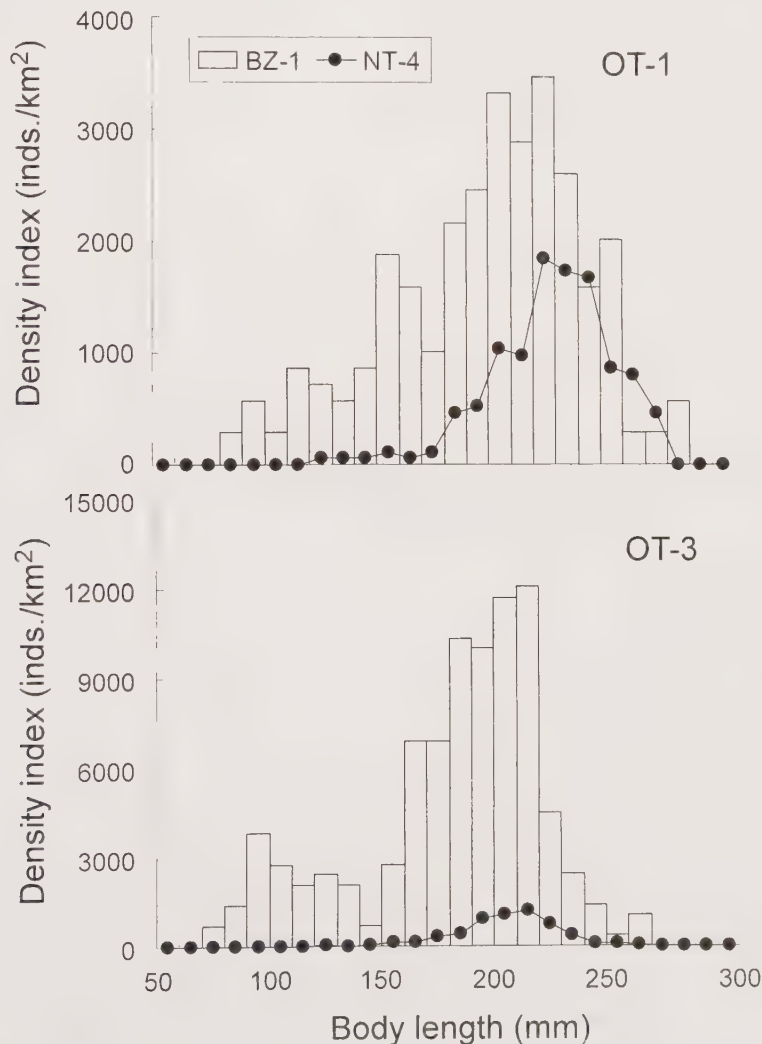


Fig. 11. Density index (No. of individuals per swept area) of *Bothrocara hollandi* caught by dredge 'Beni-Zuwai Type 1 (BZ-1)' and otter trawl 'NT-4'. Upper: sampling station OT-1 Lower: sampling station OT-3.

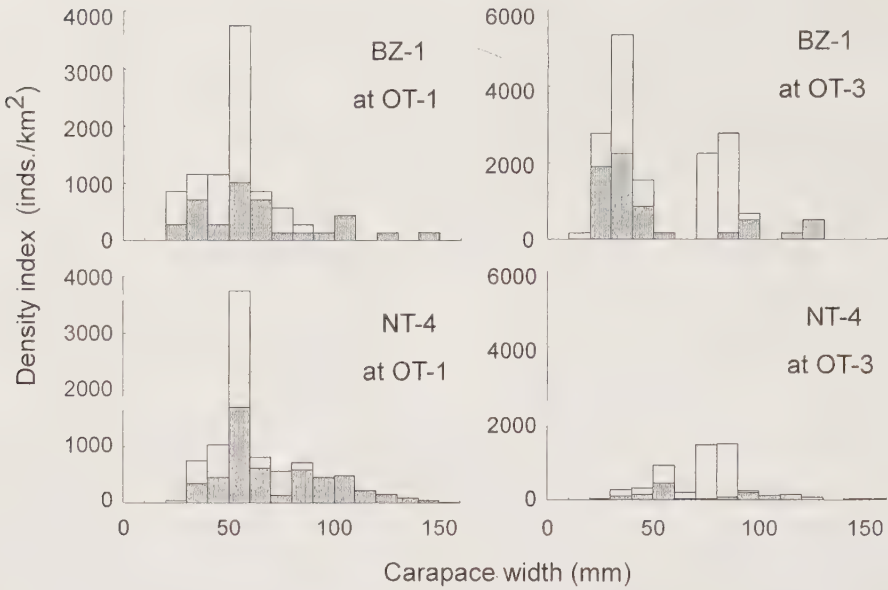


Fig. 12. Density index (No. of individuals per swept area) of *Chionoecetes japonicus* caught by dredge 'Beni-Zuwai Type 1 (BZ-1)' and otter trawl 'NT-4'. The shaded and open sections in the bar charts indicate male and female respectively.

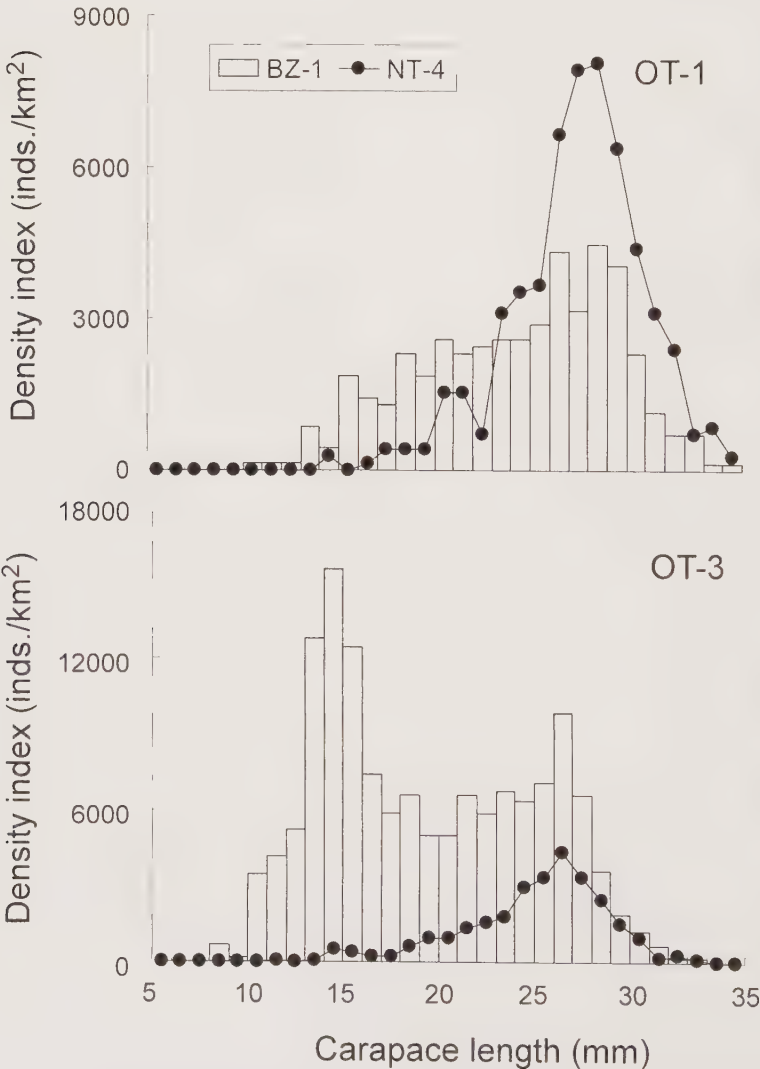


Fig. 13. Density index (No. of individuals per swept area) of *Argis toyamaensis* caught by dredge 'Beni-Zuwai Type 1 (BZ-1)' and otter trawl 'NT-4'.

雄ともに NT-4 型の甲幅組成でモードが見られた階級では、BZ-1 でも同様にモードが確認できた。とくに定点 OT-3 では、NT-4 型で多くの成熟雌（甲幅 60.1～80.8 mm）が採集されたが、BZ-1 でも同様に多くの成熟雌が採集され（甲幅 60.1～80.8 mm）、それよりも多くの甲幅 40 mm 以下の個体まで採集されていた。これらの結果から、BZ-1 はベニズワイに対しても、NT-4 型で採集される雌雄のサイズをカバーし、さらに小型個体も多く採集できると考えた。とくに甲幅 10～20 mm の個体も OT-3 では雌雄合わせて 17 個体採集されており、着底後の早い発育段階からベニズワイが採集可能であると考えた。

トゲザコエビについて見ると、定点 OT-1 と OT-3 で BZ-1 により採集された個体は、それぞれ頭胸甲長 9.6～34.3 mm（中央値 24.2 mm）と頭胸甲長 7.3～32.7 mm（中央値 17.5 mm）であった（Fig. 13.）。一方、両定点で NT-4 型により採集された個体は、頭胸甲長 13.3～35.0 mm（中央値 26.8 mm）と頭胸甲長 10.9～32.4 mm（中央値 24.8 mm）であった。また、頭胸甲長 20 mm 未満の個体が BZ-1 では多く採集されていた。これらのことから、これまでに述べた種同様の結果が、トゲザコエビに対しても得られたと考えた。

計算された密度指数を比較すると、OT-1 のトゲザコエビを除き、トゲザコエビ、ノロゲンゲに関しては、桁網から得られた密度指数は、ほとんどのサイズクラスにおいてトロール網と同等以上となった（Fig. 11., 13.）。ベニズワイについて見ると、NT-4 でピークが見られるサイズクラスでは、BZ-1 の密度指数は NT-4 と同等以上となっていた（Fig. 12.）。BZ-1 は小型個体も採取可能とすることを目指して、小目合いの身網を用いているため、小型個体は NT-4 よりも多く採集されていた。さらに両網を曳網した際の各生物種、各サイズクラスの分布密度が同じであると仮定すると、両網の密度指数の比が相対的な採集効率の比を表すため、大型個体に関しても NT-4 と同等の採集能力を有していると考えられた。

おわりに

今回の調査結果から、BZ-1 は海底直上の生物に対しては、トロール網と同等以上の採集能力を有し、さらに小型個体も多く採集できることが明らかとなった。今回の調査の主対象種ベニズワイでは、小型個体から大型個体まで採集できたことにより、分布生態を着底以降の生活史全体で明らかにすることができた*（養松ら、投稿準備中）。ノロゲンゲやトゲザコエビで

も同様に様々なサイズの個体が多く採集されたことから、BZ-1 は生活史を通した分布様式を解明する採集器具としても有効であると考え、トロールでは場合によって袖先間隔が変化することもあり得るが、BZ-1 は桁網のため開口部の面積が一定であり、定量性にも優れていると考える。

BZ-1 は船の性能上オッタートロールでは曳網出来ないような水深帯（例えば但州丸では 1300 m 以深）でも、安定した曳網が可能であることが明らかとなった。また、水深 1500 m を超えても全ての曳網作業が 2 時間以内で終了していることから、少ない日数でもかなりの定点数を調査可能であると考え。今回の調査は全て日中に実施したが、水深 1000 m を超えても 1 日 4 定点の調査が可能であった。また、今回設定したワープ長では、曳網が終わって巻き上げを開始すると同時に桁枠が離底するため、曳網コース（曳き代）として必要な距離が短くてすむということも利点であると考え。今回は 15 分曳きで、概ね 0.5 海里以下の曳網距離であったが、必要とされた曳き代の距離は 1 海里以下であった。深海の調査では、曳網前に海底の障害物を正確に把握することは難しいが、桁枠（網）の早い離底により、不意の障害を避けることも可能である。これらの結果から、BZ-1 はオッタートロールよりも受ける地形的制約も少なく、広範な海域での分布調査に使用可能であると考え。

謝 辞

兵庫県立香住高校実習船但州丸乗組員一同に、安全かつ正確に調査が実施できたことに対し、御礼申し上げます。日本大学朝日友章氏および日本海区水産研究所丸山悦子氏は、調査ならびに試料の測定を補助して頂いた。研究を進めるにあたり多くの助言を頂いた、日本海区水産研究所後藤常夫主任研究官に感謝する。本研究は水産庁委託事業「資源評価調査」として行われた。

文 献

- 廣瀬太郎, 養松郁子, 白井 滋, 南 卓志, 丹生孝道, 2004: 深海用桁網のテスト航海, 日本海区試験研究連絡ニュース, 405, 1-4.
- 木下貴裕, 白井 滋, 養松郁子, 廣瀬太郎, 南 卓志, 2004: 平成 15 年度ズワイガニ日本海系群の資源評価, 我が国周辺水域の資源評価第 1 分冊,

* 平成 16 年度日本生態学会講演要旨

357-381.

富山県水産試験場，島根県水産試験場，鳥取県水産試験場，1988：ベニズワイの生態と資源に関する研究報告書，昭和60～62年度地域重要新技術開発促

進事業報告書，108pp.

養松郁子，2004：平成15年度ベニズワイガニ日本海系群の資源評価，我が国周辺水域の資源評価第2分冊，1217-1230.

浮延縄漁業で利用可能なサークルフック（ねむり釣針）の形状比較に向けた測定部位に関する検討

横田耕介^{*2}・南 浩史^{*1}・清田雅史^{*1}

Measurement-points examination of circle hooks for pelagic longline fishery to evaluate effects of hook design

Kosuke YOKOTA^{*2}, Hiroshi MINAMI^{*1}, and Masashi KIYOTA^{*1}

Abstract The use of circle hooks is regarded as one of the most effective methods to reduce incidental mortality of sea turtles in pelagic longline fishery as specified in the FAO Guidelines to Reduce Sea Turtle Mortality in Fishing Operations. Currently, many kinds of circle hooks are produced and distributed commercially. To introduce circle hooks wider in commercial fishery, the effect of hook specifications on catch rates of target and bycatch species as well as the practicality of its use should be clarified. We examined measurement points of circle hooks to compare their shape and size to evaluate the effect of hook design on catch rates of targeted and non-targeted species. We also give a brief summary on the possible effect of hook design on catch rate and survival of sea turtles. Using the measurement method, we describe shape, size and other characteristics of various circle hooks which we have collected for our mitigation experiments to facilitate the use of the hooks in scientific research and in commercial fishery and to assist information exchange on the results.

Key Words: bycatch, circle hook, incidental catch, longline fishery, sea turtle

近年、海亀類の個体数の減少に影響を及ぼす多くの要因のひとつとして、浮延縄漁業による混獲が問題視されている。そうした中、問題解決への取り組みを世界規模で推進するために、FAOから“漁業操業における海亀死亡削減ガイドライン”が示された（FAO, 2005）。また、2005年7月には責任あるまぐろ漁業推進機構（OPRT）と米国西部太平洋漁業管理委員会（WPRFMC）によって、第三回国際漁業者フォーラムが横浜で開催され、各国漁業者による共同宣言“横浜宣言”が採択された。その宣言の中でも海亀の偶発的捕獲・死亡削減への取り組みが謳われており、各国漁業者による取り組みも進められている（OPRT, 2005）。

FAO（2005）では、まぐろ・かじき・さめ類等を対象とした浮延縄操業に関して以下の様な勧告がされている。

- (i) 海亀の混獲もしくは偶発的捕獲と死亡を最小に抑えるために、釣針のデザイン、餌の種類、敷設水深、漁具仕立、操業方法の適切な組み合わせを開発し、実行する。
- (ii) 様々な混獲回避措置による海亀、対象魚種、海鳥やサメなどの他の混獲もしくは偶発的に捕獲される種への影響を考慮に入れて研究を実施する
- (iii) 混獲もしくは偶発的に捕獲された海亀を適切に放流するために必要な器材（釣針はずし、ライン

2006年3月17日受理 (Received on March, 17, 2006)

^{*1} 遠洋水産研究所 〒424-8633 静岡県静岡市清水区折戸5-7-1 (National Research Institute of Far Seas Fisheries, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8633, Japan)

^{*2} 日本エヌ・ユー・エス株式会社 〒108-0022 東京都港区海岸3-9-15 LOOP-X ビル7, 8階 (JAPAN NUS Co., Ltd, Loop-X Building 7 ~ 8th floors, 3-9-15 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 108-0022, Japan)

カッター、たも網を含む)を装備し、使用する*。

FAOの勧告(i)における釣針のデザインに関して、現在最も有力とされているものがサークルフック(ねむり釣針)である。サークルフックの特徴は、釣針の先が内側に曲がっている形状(ねむり)を持つことである。この形状の特徴によって、釣針を呑み込んで釣掛かりすることが減り、釣獲される生物の死亡、損傷の削減につながるとされている。いくつかの魚種に関して、サークルフックによる死亡、損傷の削減に関する研究が行われている(e.g., Cooke *et al.*, 2003a; Cooke *et al.*, 2003b; Bacheler and Buckel, 2004; Beckwith and Rand, 2005; Ostrand *et al.*, 2005)。

サークルフックは、海亀類に関しても魚類と同様の効果が期待され、海亀の死亡率の削減につながるという報告がある(e.g., Watson *et al.*, 2003; 菅沼, 南, 2004)。さらに、釣針の漁獲選択性(清水, 1999; Hovgård and Lassen, 2000)の面から、海亀の嘴に対して相対的に大きい釣針を用いれば、混獲数そのものを削減できるという研究結果も示されている(e.g., Watson *et al.*, 2005)。

一方で、FAOの勧告(ii)の中にもあるように、サークルフックの使用に際しては海亀の死亡・混獲削減効果と共に、漁獲対象魚種の釣獲率への影響も考慮しなくてはならない。対象魚種の釣獲率への影響を少なくしつつ、海亀類の死亡・混獲を削減することが理想である。ただし、サークルフックによる効果・影響は、生物種、海域、季節によって異なることが想定される。また、サークルフックには、形状・大きさに様々なものがあり、海亀の死亡・混獲削減と対象魚種の釣獲に適したものを検討する必要がある。しかし、この検討を行うに際して、国や製造元によって形状やサイズの呼称が異なっているため、規格を見ただけでは相对比较することができない。対象魚種の釣獲という観点において、釣針の形状、大きさ、太さ、材質等は、漁業者各々が最も注意を払うことのひとつでもあり、漁業者が望む釣針を選択できるような基準を作成する必要がある。サークルフックを漁業現場で実際に使用し、これらの点を検討し、より適したもの(漁業者が使いやすく、対象魚種の釣獲率への影響を少なくし、海亀の死亡・混獲削減効果が高いもの)に改善していくことが求められる。

本報告では、サークルフックの漁業現場への普及を目的として、様々な種類のサークルフックの形状を的確に把握し、それらの効果を定量的に記述する上で必

要となる釣針の各測定部位の定義及びその測定法について検討した。また、これらの定義、測定法に基づき、本報末に我々が混獲回避試験を目的として、現時点までに収集したサークルフックを計測した値を参考として示した。

サークルフックの形状把握のための測定部位の検討

サークルフックにおける各部位と形状の名称をFig. 1に示す。各名称、形状に関しては、Prado and Dremière (1990), 野村 (2000), 土肥富 (2005), O. Mustad and Son (2005)等を参考とした。これまでの知見から、海亀類の死亡・混獲削減に重要と考えられる釣針の形状特性としては、釣針の大きさと釣針のさきの曲がり方等が考えられる(e.g., Watson *et al.*, 2003; 菅沼, 南, 2004; Gilman *et al.*, 2005; Watson *et al.*, 2005)。

釣針の長さとは幅

日本の延縄用等の釣針サイズの規格としては、寸を用いることが多い。この寸は、釣針の元となる針金の長さ由来しているため、サークルフックに関しては、さきのネムリの部分までを含んだ釣針全体の長さとなる。また、ちもと部分も長さに含まれるため、環付や穴明等の違いによって釣針全体の大きさが異なることがある。欧米等、海外における釣針の大きさの表記は、#0 - #30程度の範囲で表される。数字が小さくなるほど釣針は大きくなる。#0より大きな釣針は0の個数で表し、18/0や14/0と記す(0が18個の方が、0が14個のものよりも大きな釣針を表す)。一方、国内における数字の表記は、海外とは反対に、数字が大きくなるほど釣針は大きくなる(ただし、輸向け釣針等は海外の表記方法に準じている場合もある)。最小で03(小数0.3)号があり、0号はない。この様に、一般的に製造会社が用いているサイズ表示に共通の基準が決まっていないため、釣針を相互比較する際に用いることはできない。

漁獲選択性の研究においては、釣針の大きさを表す寸法として、ふところ位置の全幅の外寸(Fig. 1)が一般的に用いられている(清水, 1999)。しかし、海亀類の死亡・混獲削減を、海亀が釣針に喰いつく点から考えた場合、最小となる釣針内側の大きさと共に最大となる釣針外側の大きさを検討することが妥当である。本報では、くきの方向を垂直軸としたちもとから釣針の下端までの垂直方向の直線長を直全長、くきから水平方向に向けた幅を直全幅、最小、最大となる釣

*FAOの勧告(ii)に関しては、横田(2005)を参照されたい。

針の外側の幅をそれぞれ最小全幅、最大全幅、あぐさきの上端部から釣針の下端までの垂直方向の直線長を直針先長、最小となる内側の幅（さきとくき間の長さ）を最小内幅と定義し、測定を行った (Fig. 2)。最小全幅はあぐさき-こし間に、最大全幅はちもと-さきまげ間に位置することが多い。また、釣針全体の形状を数値化するために、直全長/直全幅（直縦横比）、最大全幅/最小全幅（最大最小幅比）を算出した。

オフセット

一般のまぐろ釣針では、釣針を正対させた時に釣針のさき（軸）が右または左に若干曲げられているものが多く、サークルフックでは餌を付け易くするために曲げを大きくすることがある。Fig. 1に示すように、曲げる方向によって名称は異なっている。英名では、かねりのことは kirbed または offset、ひねりは reversed とされている。しかし、近年では曲げる方向を区別せず、offset（オフセット）という呼称が釣針の軸の曲げを表す用語として用いられることが多くなっている (e.g., FAO, 2005; Watson *et al.*, 2005)。そこで、本報告では曲げる方向に関わらずオフセットと呼ぶことにする。

オフセットの角度は、針先が直線的ではなく曲線的

に曲がっている場合があること、製造上のばらつきがあることのために、各釣針の角度を画一的に測定することは困難である。ここでは、オフセットの角度をくきとさきの中心線の角度 (θ) と定義して、5° 単位で計測した (Fig. 2)。一方で、オフセットに関しては、その角度よりも釣針を正対させた時にどれだけさきがくきから突出しているかを検討することが混獲への影響を調べる上では重要である。そこで、本稿ではさきの突出量として、Fig. 2に示すオフセット幅 (d) を定義し、測定した。

ネムリ

サークルフックの所以である、さきの内側への曲がり具合を定量的に捉える必要がある。本報告では、Fig. 2に示すさきまげ部分の軸の中心線と先端部分の中心線の角度をネムリ角と定義した。しかし、釣針によってはさきまげ-さき間の曲がりが大きいため、また製造上のばらつきもあるために、各中心線を定めるのが困難な場合がある。そのため、ネムリ角はおおよそその値として5° 単位で計測した。

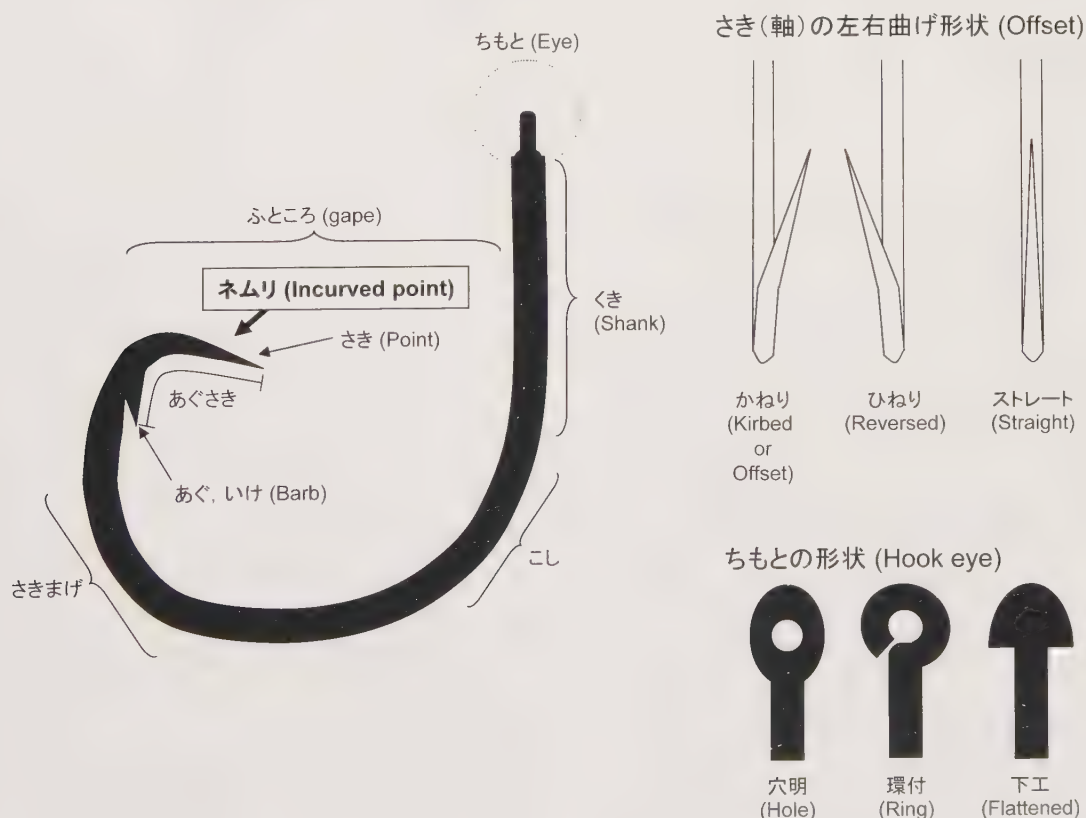


Fig. 1. Terms for describing circle hook
サークルフックの部分名称と形状

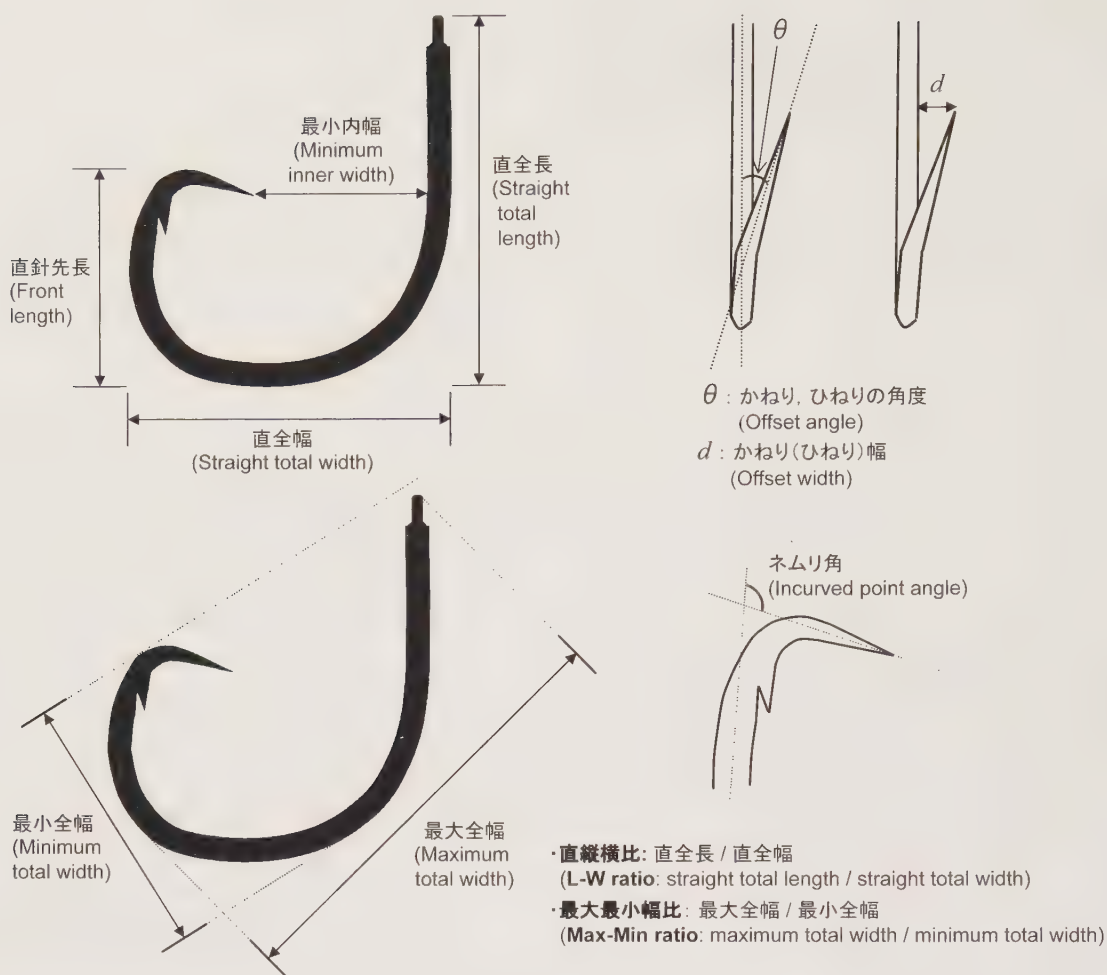


Fig. 2. Measurement points of circle hooks
サークルフックの測定部位

サークルフックの形状による釣獲率等への影響評価へ向けて

サークルフックによる混獲種、対象魚種に対する効果・影響を評価し、改善する上で有益となるサークルフックの形状に関する情報を以下に紹介する。

これまでの研究では、一般的なまぐろ釣針とそれと同程度の大きさのサークルフックによる海亀類の混獲数は変わらないが、サークルフックでは、釣針を吞込んで鈎掛かりする頻度が減るという報告が多い (e.g., Watson *et al.*, 2003; Gilman *et al.*, 2005)。また、海亀類の混獲数削減については、釣針の幅による効果が大きいとされている (Gilman *et al.*, 2005; Watson *et al.*, 2005)。Watson *et al.*, (2005) は、西部大西洋での研究において大型のサークルフックを用いたところ、海亀類の混獲が大きく削減されたことを示した。例えば、米国の一般的なまぐろ釣針に比べて、アカウミガメ (*Caretta caretta*) の混獲を86～90%削減できるとしている。

海亀類は、口以外の部分に釣針が掛かること (スレ) もある。浮延縄で混獲される主な海亀類として、アカウミガメ、ヒメウミガメ (*Lepidochelys olivacea*)、オサガメ (*Dermochelys coriacea*) の3種が挙げられる。アカウミガメとヒメウミガメは、主に口に釣針が掛かっての混獲が多い。一方、オサガメは肢や体に釣針が掛かっての混獲が多く発生する (Watson *et al.*, 2005)。オサガメが混獲される頻度は、他の2種に比べて非常に低いものの、一方でその個体数の減少が最も危惧されている海亀でもある (FAO, 2004)。オサガメの混獲が相対的に多いと懸念される海域、季節においては、肢や体へのスレ掛かりを減らすことが求められる可能性もある。この点でもサークルフックは、釣針のさきが内側に向いていることからスレ掛かりが減ると期待されている (Watson *et al.*, 2005)。

まぐろ類の釣獲率については、サークルフックによる影響は少ないという報告が多い (e.g., Gilman *et al.*, 2005; Watson *et al.*, 2005)。これらの報告では、

メバチ (*Thunnus obesus*) 等の釣獲率は、サークルフックと通常のまぐろ釣針の間で大きく変わらないという結果が示されている。まぐろ類は、(一般のまぐろ釣針においても) 顎に鈎掛かりすることが多く、呑込みが少ないためサークルフックによって釣獲率は低下しないと推察できる。一方、メカジキ (*Xiphias gladius*) 等のかじき類の釣獲率は、サークルフックの使用によって低くなるという調査結果が示されている (e.g., Watson *et al.*, 2005)。著者らの西部太平洋における調査 (未発表) から、サークルフックを用いた場合、メカジキは釣針を呑込んでの鈎掛かりが減る傾向を示し、更に釣獲率が低下する傾向がみられた。これは、メカジキの上下顎が非常に硬く、鈎掛かりが顎の横部に限られるためであると考えられる。さめ類に対するサークルフックの影響については、明確な報告はない (e.g., Watson *et al.*, 2005)。

上記の様に、浮延縄でのサークルフックに関するいくつかの研究結果がある。一方で、サークルフックには様々な形状・大きさのものがある (本報末の測定資料参照)。しかし、従来のサークルフックに関する研究は、その形状の詳細な検討の上で実施したものでは無い。今後は、サークルフックには様々な形状と大きさのものを考慮した上で、混獲種、対象種に対して適切な形状と大きさを検討する必要がある。特に、魚類に比べて食道に無数のとげ状の突起がある海亀類については (サークルフックのネムリやオフセットの効果・影響という視点からみた釣針の呑込み削減等に関しては)、より詳細な検討が求められる。

サークルフックの最大の特徴であるネムリの角度 (ネムリ角) の効率については、全く議論されていない。しかし、さきのネムリ角が大きいほど、海亀類、魚類ともに釣針を呑込んで鈎掛かりする割合は減り、顎や口内での鈎掛かりが増えることが期待される。

オフセットについては、若干のオフセット (10°以下) ならば、海亀類の死亡・混獲削減に関してほとんど影響は無いとされている (e.g., Gilman *et al.*, 2005)。しかし、極端なオフセットが入っていると (例えば 25°)、たとえサークルフックを用いても海亀類が釣針を呑込んで鈎掛かりする頻度は減らないという懸念がある。10°以下というオフセットの目安は与えられているものの (FAO, 2005)、科学的な根拠は乏しい。

釣針の幅は海亀類の釣獲率削減に関して重要とされているが (Gilman *et al.*, 2005 ; Watson *et al.*, 2005)、釣針のいずれの部位の大きさ (長さ・幅) が効果を与えるのか (単に幅のみを検討すれば良いのか) は明確ではない。

こうしたサークルフックのネムリの程度、オフセッ

ト、長さや幅による海亀類、対象魚類の鈎掛かり特性と釣獲率を解明する必要がある。本報において定義した釣針の測定部位に基づき、釣針の形状を定量的に捉えた上で、種々の釣獲試験結果の検討、情報交換を行うことが望まれる。ただし、ネムリ角などは、精度の高い定量化が困難であり、一般化するには今後も検討が必要である。また、釣針各部の形状の関連性を考えると、釣針の太さ、重量、こしやさきまげ部分の曲がり具合にも検討の余地が残されている。

また、釣針各部の形状や大きさの違いによる釣獲特性だけでなく、漁業者の餌付や釣獲された生物から針を外す作業負担、漁業者の安全性、経済面を検討しなくてはならない。

サークルフックによる海亀類の死亡・混獲削減と対象種の釣獲率を検討する場合、海域や季節、またそれに伴う生物種組成と体サイズ等の要因との相互関係を考慮する必要がある。漁具漁法という点では、餌の種類や釣獲水深などは重要な要因であり、いくつかの研究も進められている (e.g., Polovina *et al.*, 2003 ; Beverly *et al.*, 2004 ; Gilman *et al.*, 2005 ; Watson *et al.*, 2005 ; Shiode *et al.*, 2005)。特に、餌に関してはイカ餌よりも魚餌の方が、アカウミガメの混獲は約 70-80% 少ないことが明らかになっている (e.g., 菅沼, 南 2004 ; Gilman *et al.*, 2005 ; Watson *et al.*, 2005)。サークルフックと共にこうした要因を総合的に検討することによって、より効果的な混獲回避技術を確立できるものと期待される。

現実的には、適切なサークルフックを検討する科学的な調査を求めるだけではなく、漁業者が実際に使用し、サークルフックの使用に前向きな感触を得ることが普及への最も大きな原動力となるであろう。海亀の死亡・混獲削減のための手法としてサークルフックを進展させるためには、漁業者、行政、各業界関係者、研究者らが意見を出し合い、補完し合って取り組む必要がある。そこでは、サークルフックの形状と大きさを的確に検討した上で、サークルフックの効果・影響を解明する必要がある。本稿が、サークルフックの普及と関係者の協力体制を構築するための一助となることを願う。

謝 辞

北海道大学大学院水産科学研究院の清水晋博士には、本稿の草稿に対し有益なご助言を頂いた。さらに、遠洋水産研究所の魚住雄二博士には、本稿の作成に当たり数々のご指導と有益なご助言を賜った。厚く御礼申し上げます。

文 献

- Bacheler N. M. and Buckel J. A., 2004 : Does hook type influence the catch rate, size, and injury of grouper in a North Carolina commercial fishery? *Fish. Res.*, **69** : 303-311.
- Beckwith Jr G. H. and Rand P. S., 2005 : Large circle hooks and short leaders with fixed weights reduce incidental of deep hooking in angled adult red drum. *Fish. Res.*, **71** : 115-120.
- Beverly S., Robinson E., and Itano, D., 2004 : Trial setting of deep longline techniques to reduce by-catch and increase targeting of deep-swimming tunas. SCTB Working Paper. FTWG-WP-7a.
- Cooke S. J., Suski C. D., Siepker M. J., and Ostrand K. G., 2003a : Injury rates, hooking efficiency and mortality potential of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) captured on circle hooks and octopus hooks. *Fish. Res.*, **61** : 135-144.
- Cooke S. J., Suski C. D., Barthel B. L., Ostrand K. G., Tufts, B. L., and Philipp D. P., 2003b : Injury and mortality induced by four hook types on bluegill and Pumpkinseed. *North Am. J. Fish. Manag.*, **23** : 883-893.
- 土肥 富(株), 2005 : 釣針形状の基礎知識. http://www.fishhook.co.jp/inf_hook/infhook.html
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004 : Report of the Expert Consultation on Interactions between Sea Turtles and Fisheries within an Ecosystem Context. FAO Fisheries Report No. 738. Rome, FAO. 38pp. FIRM/R738.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005 : Report of the Technical Consultation on Sea Turtles Conservation and Fisheries. FAO Fisheries Report No. 765. Rome, FAO. 31pp. FIRM/R765.
- Gilman E. L., Watson J. W., Boggs C., Epperly S., Zollett E., Beverly S., Nakano H., Swimmer Y., Davis K., Shiode D., Dalzell P., and Kinan I., 2005 : Review of the State of Knowledge for Reducing Sea Turtle Bycatch in Pelagic Longline Gear. Western Pacific Regional Fishery Management Council. <http://www.wpcouncil.org>
- Hovgård H. and Lassen, F., 2000 : Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance survey. FAO *Fish. Tech. Pap.* No. 397. 84pp.
- 野村正恒, 2000 : 最新漁業技術一般. 成山堂書店, 東京. 197pp.
- O. Mustad and Son A. S., 2005 : About hooks. <http://www.mustad.no/abouthooks/index.php>
- OPRT (責任あるまぐろ漁業推進機構), 2005 : 横浜宣言. <http://www.oprt.or.jp/>
- Ostrand K. G., Siepker M. J., Cooke S. J., Bauer W. F., and Wahl D. H., 2005 : Largemouth bass catch rates and injury associated with non-offset and offset circle hook configurations. *Fish. Res.*, **74** : 306-311.
- Polovina J. J., Howel E., Parker D. M., and Balazs G. H., 2003 : Dive-depth distribution of loggerhead (*Caretta caretta*) and olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtles in the central North Pacific: might deep longline sets catch fewer turtles? *Fish. Bull.*, **101** : 189-193.
- Prado J. and Dremière, P. Y., 1990 : FISHERMAN'S WORKBOOK. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Fishing News Books, Oxford. 180pp.
- 清水 晋, 1999 : 釣具. 海洋, **31** : 91-95.
- Shiode D., Hu F., Shiga M., Yokota K., and Tokai T., 2005 : Midwater float system for standardizing hook depths on tuna longlines to reduce sea turtle by-catch. *Fish. Sci.*, **71** : 1182-1184.
- 菅沼弘行, 南 浩史, 2004 : 海亀類, 平成16年度国際資源の現況. 水産庁・水産総合研究センター. pp317-322.
- 横田耕介, 2005 : 海亀用釣鉤外しの開発とその経緯. 遠洋水産研究所ニュース, **117** : 28-30.
- Watson J. W., Foster D. G., Epperly S., and Shah A., 2003 : Experiments in the Western Atlantic Northeast Distant Waters to evaluate sea turtle mitigation measures in the pelagic longline fishery - Report on experiments conducted in 2001 and 2002. NOAA Fisheries.
- Watson J. W., Epperly S. P., Shah A. K., and Foster D. G., 2005 : Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **62** : 965-981.

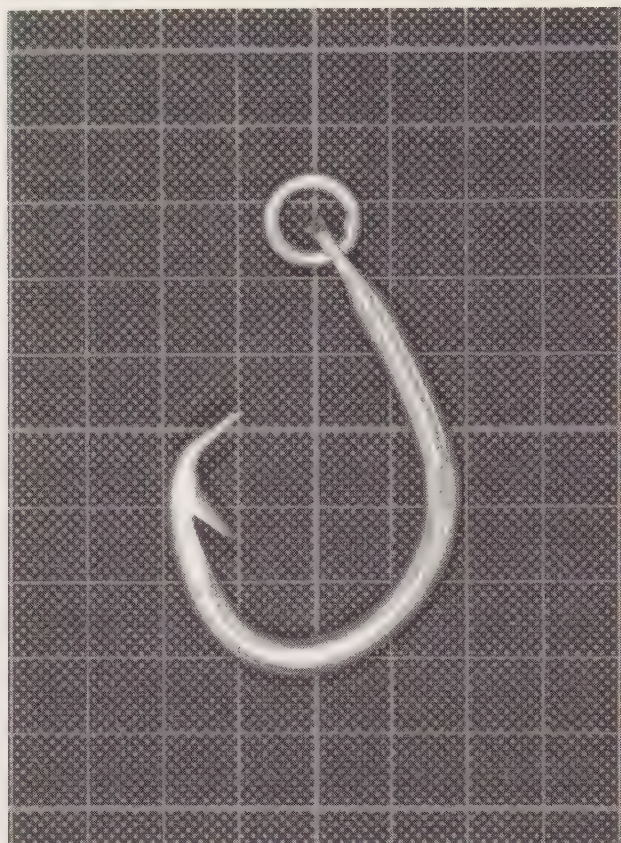
参 考

注意点

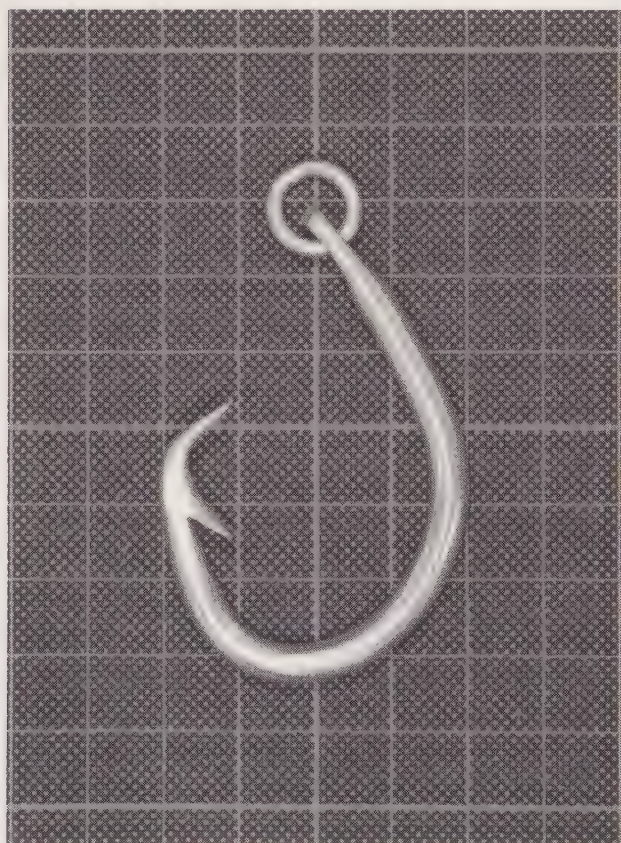
1. 写真は原寸大である。
2. ここに示したサークルフックは、現在までに我々が収集したものであり、全ての種類のサークルフックを網羅したわけではない。
3. 本文中で定義した測定部位の他に、材質、ちもと

の形状、釣針の太さ、重量も列挙した。オフセット幅、釣針の太さは0.1mm単位で、またそれ以外の長さの測定は1mm単位で測定した。

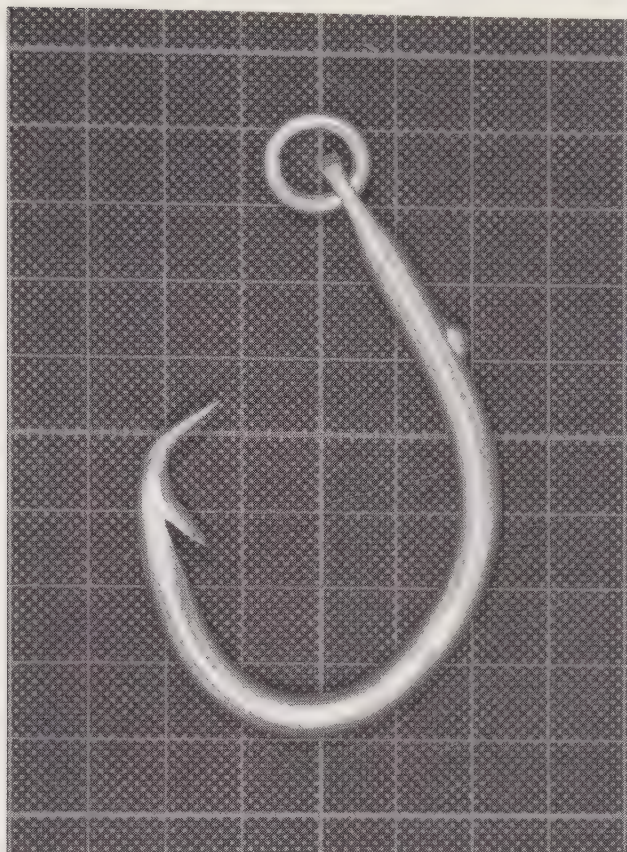
4. 釣針の太さや細部の形状等は、使用する漁業者の指示に応じて製造されることが多く、さらに製造上のばらつきもあるために、実際の大きさも様々となる。ここに挙げた数値は、あくまで我々が所持している釣針を測定したものであり、目安にすぎない。



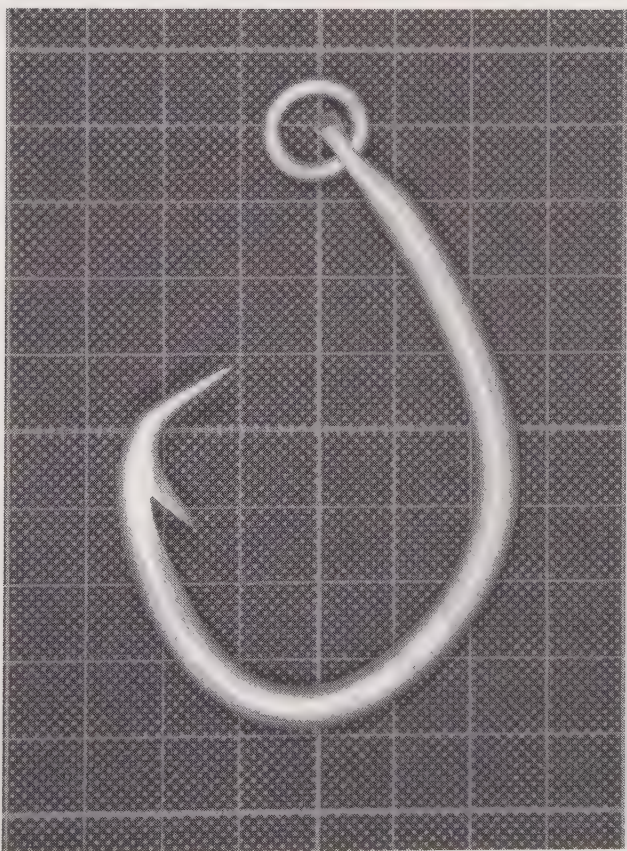
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 7, 4.0 寸 (3.8 寸にく)
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.9 mm
 直全長 (Straight total length) : 54 mm
 直全幅 (Straight total width) : 42 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 38 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 60 mm
 直針先長 (Front length) : 37 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 19 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 65°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $15^\circ \leq \theta < 20^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 2.6 mm
 重量 (Weight) : 16.8 g
 備考 (Note) :



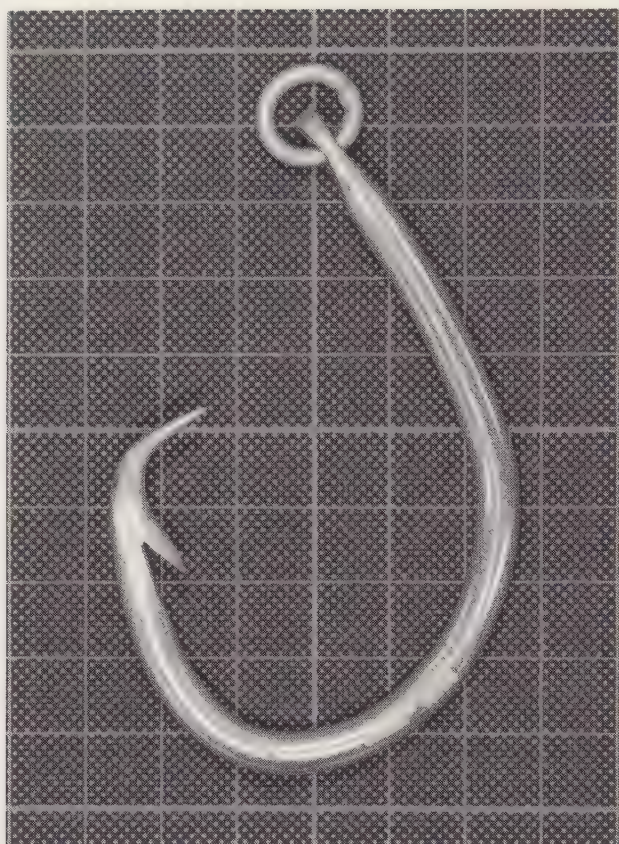
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 6, 4.3 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.3 mm
 直全長 (Straight total length) : 57 mm
 直全幅 (Straight total width) : 45 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 41 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 63 mm
 直針先長 (Front length) : 39 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 20 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.5
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 65°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $5^\circ \leq \theta < 10^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 1.5 mm
 重量 (Weight) : 19.4 g
 備考 (Note) :



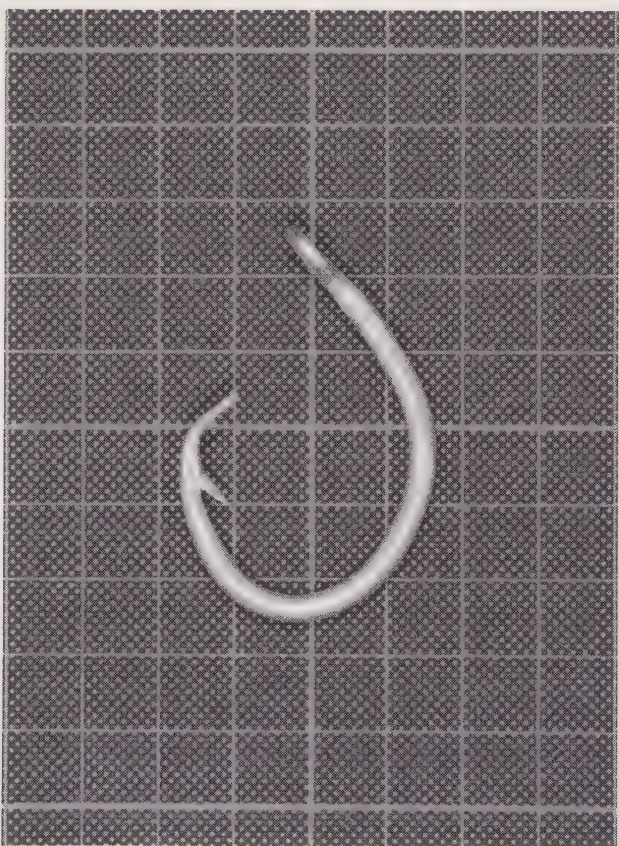
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 4, 4.9 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.7 mm
 直全長 (Straight total length) : 67 mm
 直全幅 (Straight total width) : 52 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 47 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 77 mm
 直針先長 (Front length) : 47 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 25 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 65°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $5^{\circ} \leq \theta < 10^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 0.7 mm
 重量 (Weight) : 28.2 g
 備考 (Note) : イボ付



製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 3, 5.2 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.7 mm
 直全長 (Straight total length) : 74 mm
 直全幅 (Straight total width) : 56 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 52 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 81 mm
 直針先長 (Front length) : 49 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 27 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 3.7 mm
 重量 (Weight) : 30.3 g
 備考 (Note) :

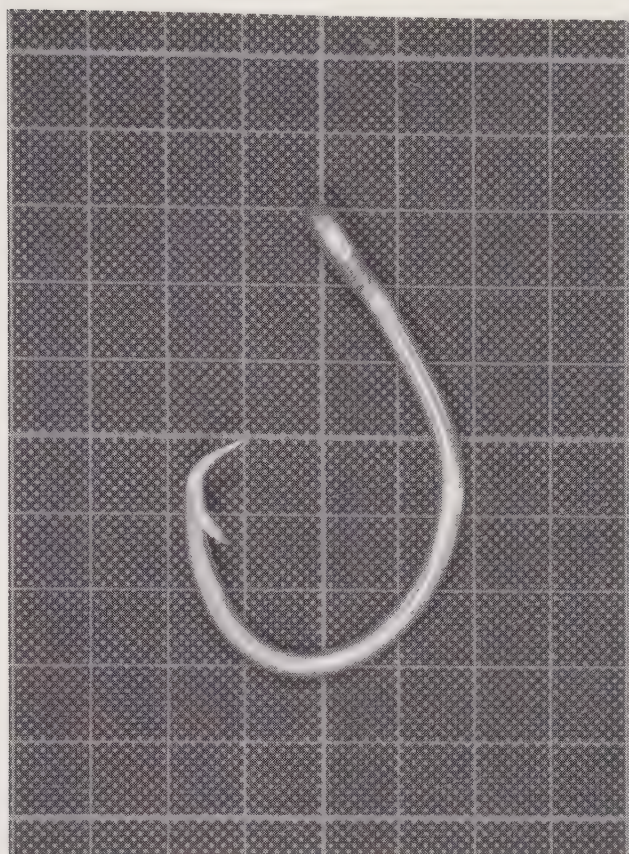


製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 2, 5.5 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.9 mm
 直全長 (Straight total length) : 79 mm
 直全幅 (Straight total width) : 60 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 54 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 87 mm
 直針先長 (Front length) : 52 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 29 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $5^{\circ} \leq \theta < 10^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 1.6 mm
 重量 (Weight) : 31.9 g
 備考 (Note) :



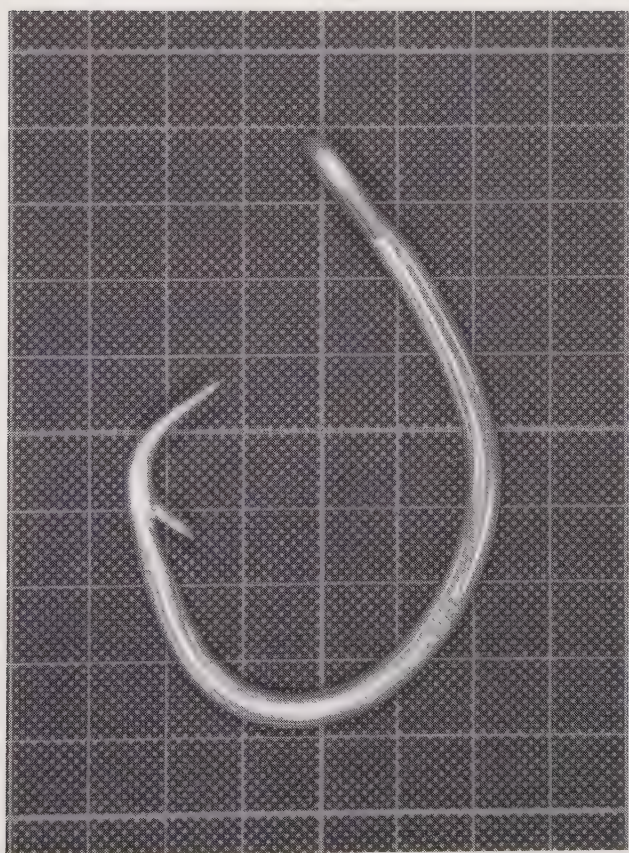
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 8, 3.7 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 3.6 mm
 直全長 (Straight total length) : 47 mm
 直全幅 (Straight total width) : 39 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 33 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 52 mm
 直針先長 (Front length) : 32 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 18 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $5^{\circ} \leq \theta < 10^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 2.1 mm
 重量 (Weight) : 7.1 g
 備考 (Note) : 見本品

正釣針名 特カン針 (北米向)



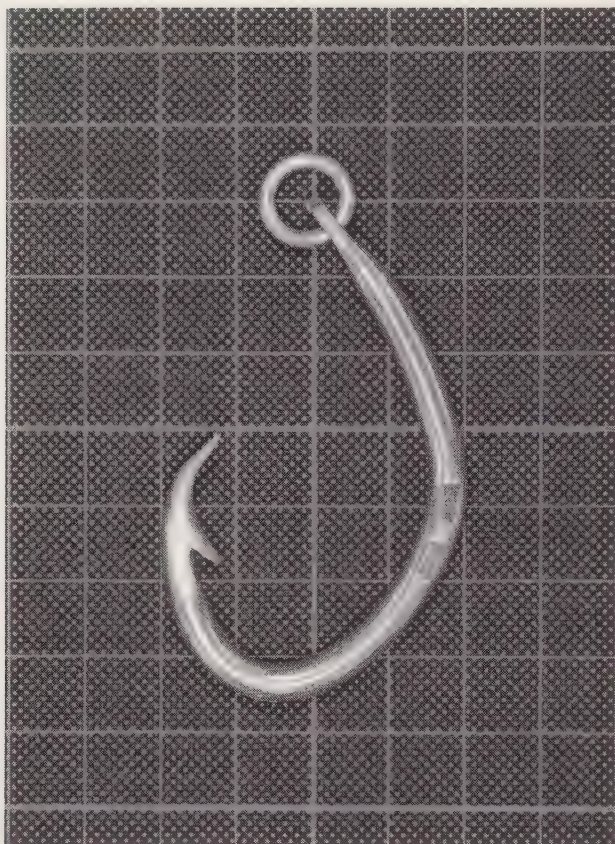
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 6, 4.3 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 3.4 mm
 直全長 (Straight total length) : 55 mm
 直全幅 (Straight total width) : 41 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 36 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 62 mm
 直針先長 (Front length) : 34 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 22 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.7
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $15^\circ \leq \theta < 20^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 4.5 mm
 重量 (Weight) : 9.2 g
 備考 (Note) : 見本品

正釣針名 特カン針 (北米向)

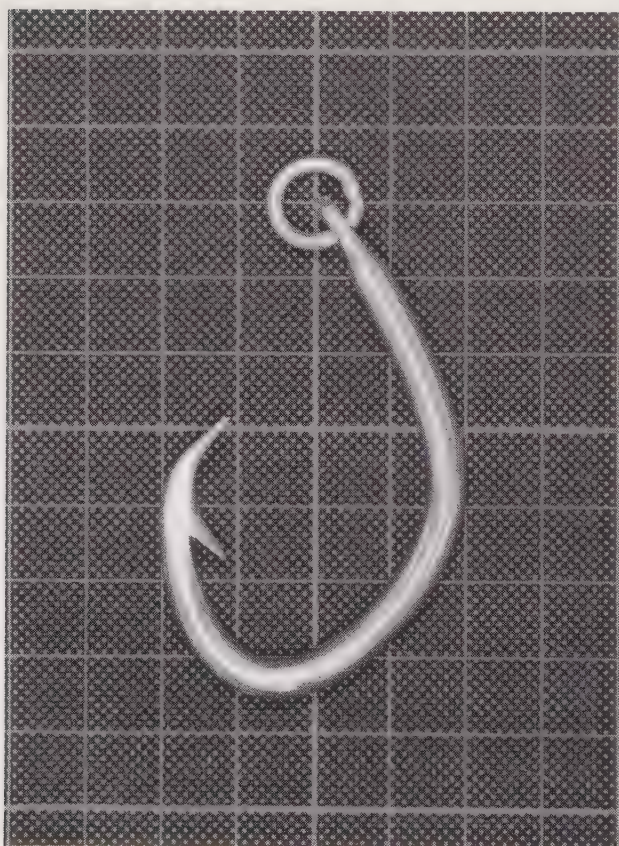


製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣 (北米向)
 規格 (Standardized size) : No. 2, 5.5 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.6 mm
 直全長 (Straight total length) : 70 mm
 直全幅 (Straight total width) : 53 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 48 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 77 mm
 直針先長 (Front length) : 47 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 26 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 10^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 1.8 mm
 重量 (Weight) : 17.9 g
 備考 (Note) : 見本品

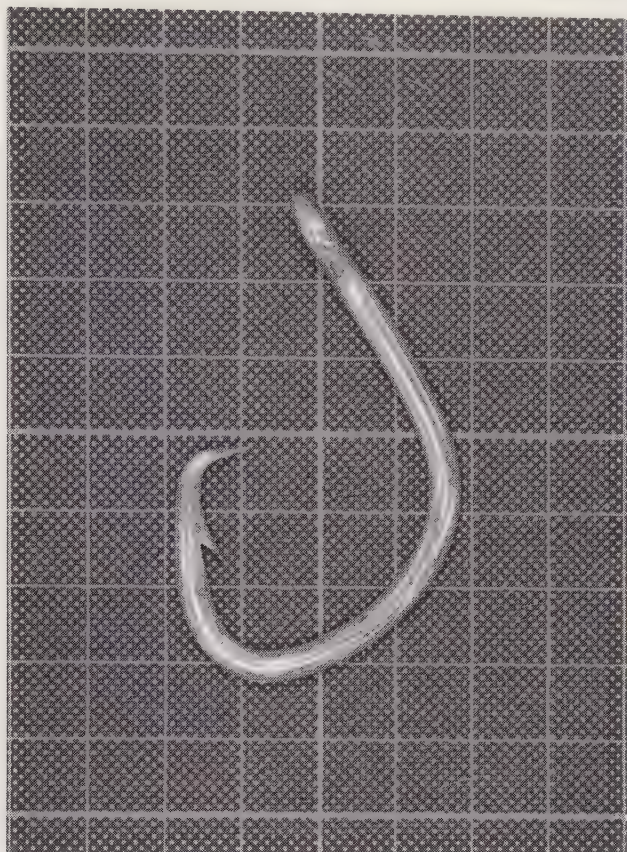
正釣針名 特カン針 (北米向)



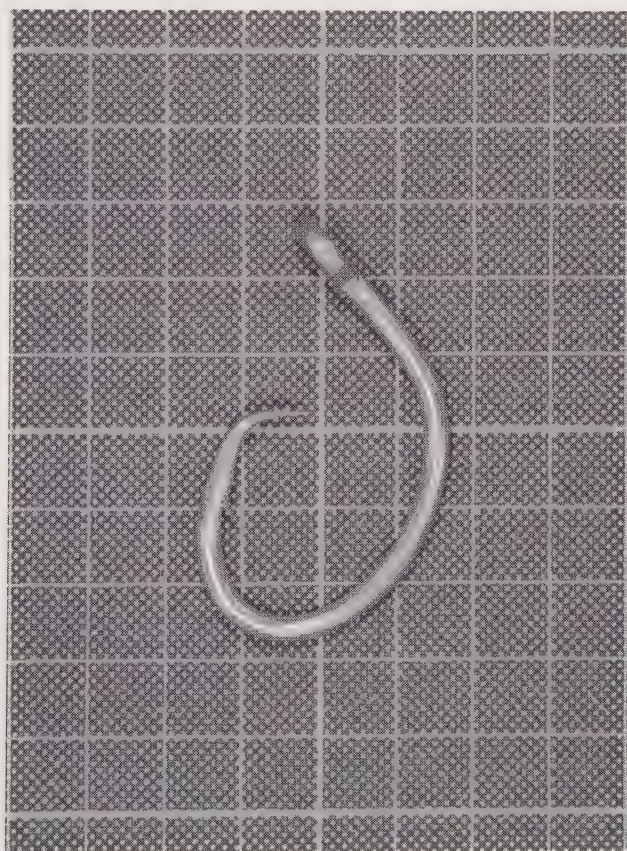
製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣
 規格 (Standardized size) : 4.0 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.0 mm
 直全長 (Straight total length) : 60 mm
 直全幅 (Straight total width) : 46 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 37 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 67 mm
 直針先長 (Front length) : 37 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 25 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 60°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 10^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 0.8 mm
 重量 (Weight) : 18.0 g
 備考 (Note) :



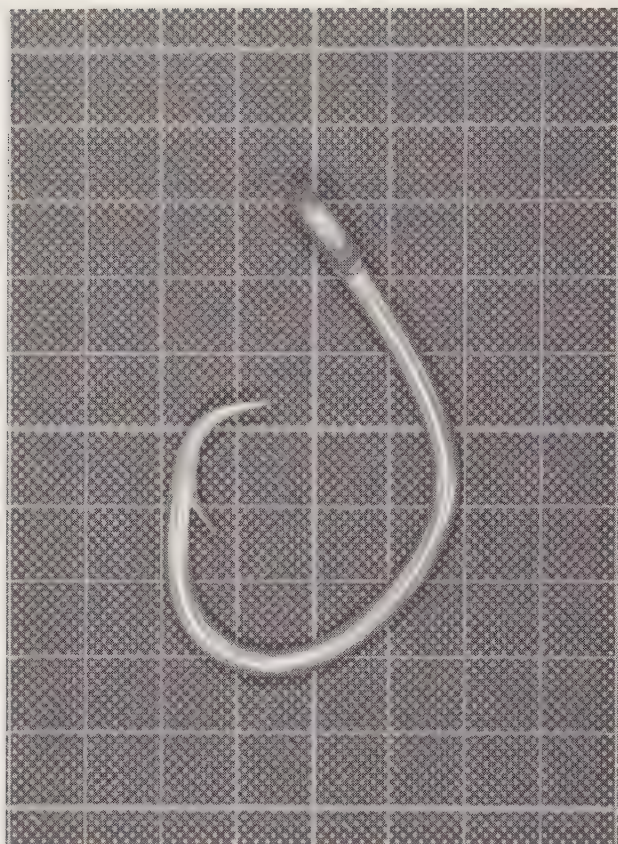
製造元 (Manufacture) : (株) 小松大太郎商会
 釣針名 (Hook name) : むつ釣
 規格 (Standardized size) : 4.0 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.2 mm
 直全長 (Straight total length) : 58 mm
 直全幅 (Straight total width) : 46 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 38 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 66 mm
 直針先長 (Front length) : 38 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 22 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.7
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 60°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 10^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 0.7 mm
 重量 (Weight) : 19.6 g
 備考 (Note) : まぐろ用



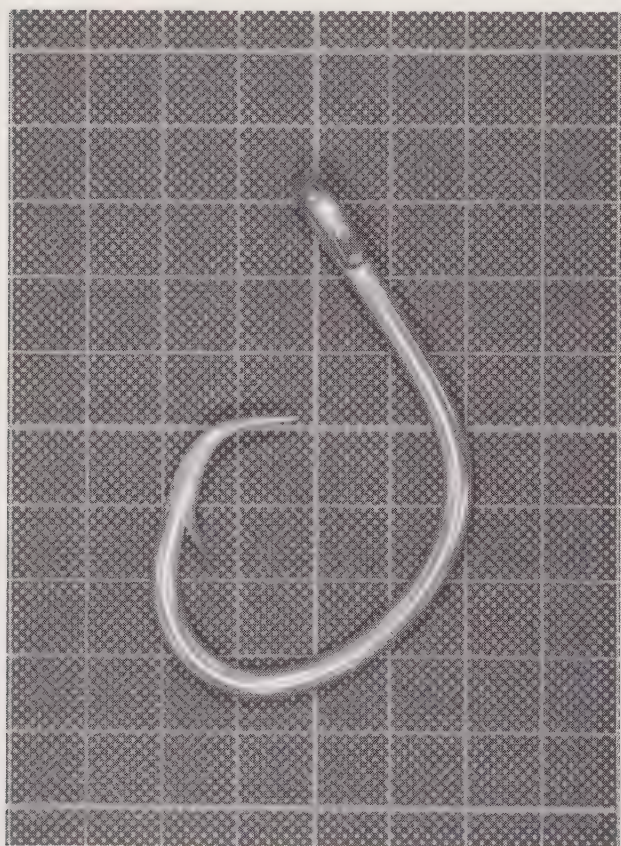
製造元 (Manufacture) : (有) 久松 丹吉
 釣針名 (Hook name) : ウルワ釣 (BKN)
 規格 (Standardized size) : No. 38, 3.8 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.0 mm
 直全長 (Straight total length) : 56 mm
 直全幅 (Straight total width) : 44 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 36 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 64 mm
 直針先長 (Front length) : 33 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 20 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.3
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 80°
 さき(軸)の左右曲げ形状: ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 12.2 g
 備考 (Note) :



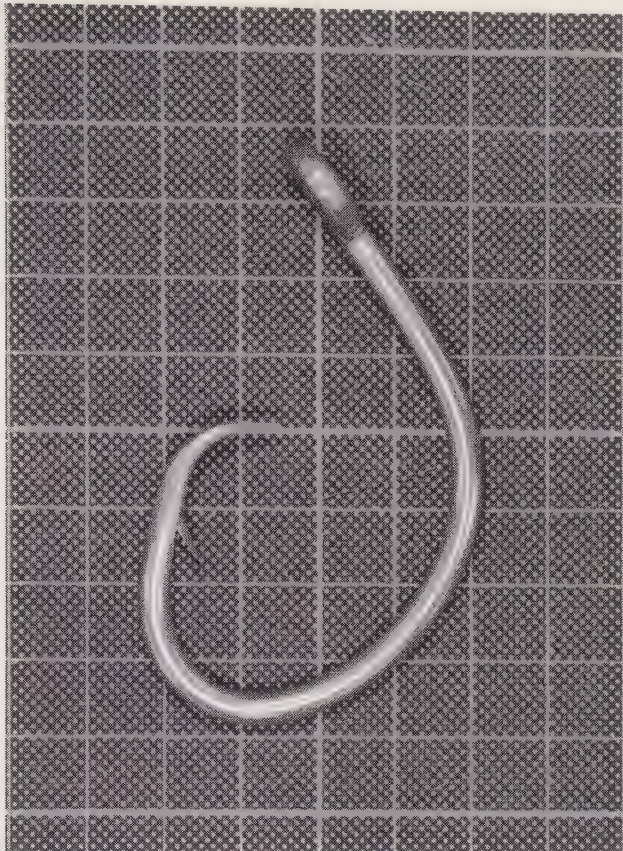
製造元 (Manufacture) : (株) 土肥富
 釣針名 (Hook name) : ツナ(ムツ) サークル SS-170
 規格 (Standardized size) : 6 号
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 3.3 mm
 直全長 (Straight total length) : 46 mm
 直全幅 (Straight total width) : 42 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 30 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 55 mm
 直針先長 (Front length) : 30 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 13 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.1
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき(軸)の左右曲げ形状: ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 8.3 g
 備考 (Note) :



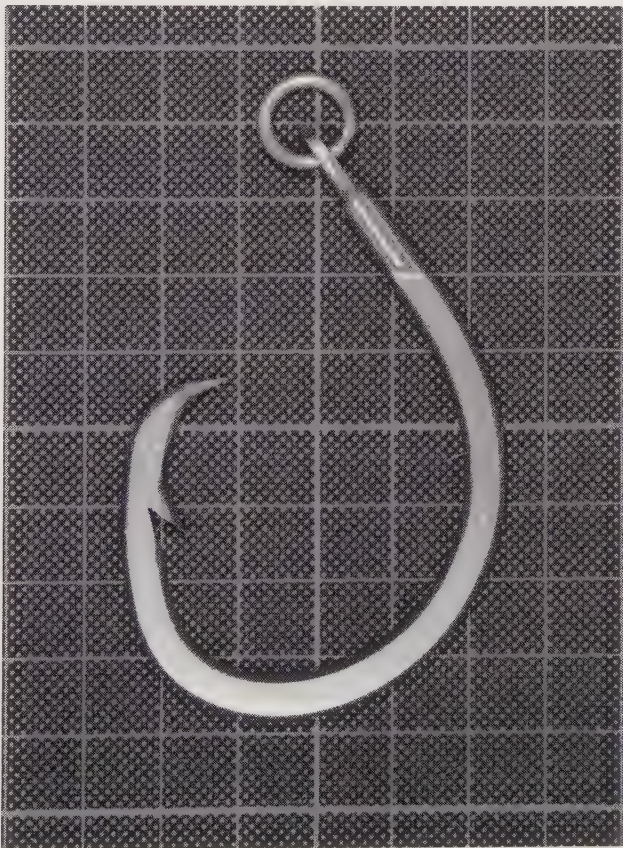
製造元 (Manufacture) : (株) 土肥富
 釣針名 (Hook name) : ツナ (ムツ) サークル SS-170
 規格 (Standardized size) : 5 号
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 3.8 mm
 直全長 (Straight total length) : 55 mm
 直全幅 (Straight total width) : 46 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 37 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 65 mm
 直針先長 (Front length) : 37 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 16 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 12.1 g
 備考 (Note) :



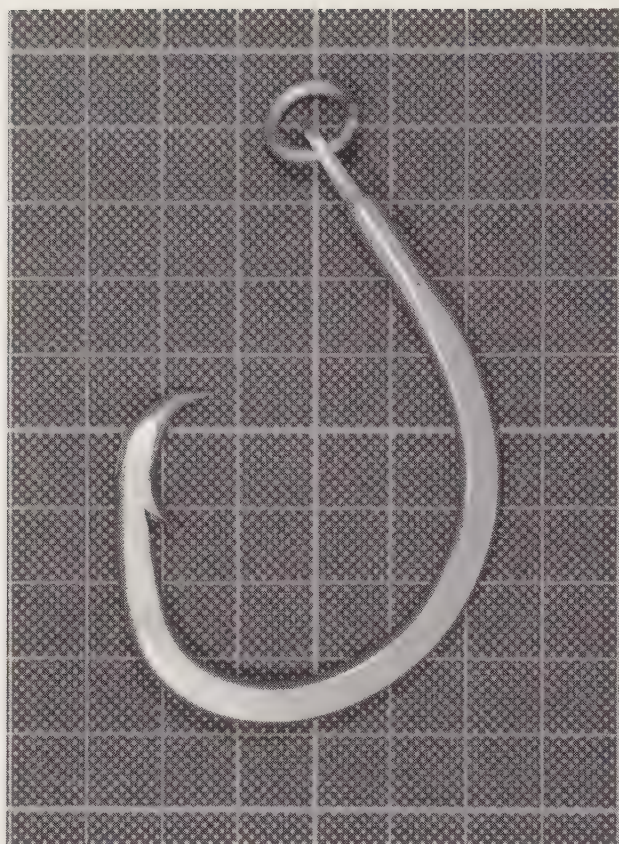
製造元 (Manufacture) : (株) 土肥富
 釣針名 (Hook name) : ツナ (ムツ) サークル SS-170
 規格 (Standardized size) : 4 号
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.1 mm
 直全長 (Straight total length) : 58 mm
 直全幅 (Straight total width) : 49 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 39 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 69 mm
 直針先長 (Front length) : 38 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 15 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 15.0 g
 備考 (Note) :



製造元 (Manufacture) : (株) 上肥富
 釣針名 (Hook name) : ツナ (ムツ) サークル SS-170
 規格 (Standardized size) : 3 号
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.4 mm
 直全長 (Straight total length) : 64 mm
 直全幅 (Straight total width) : 55 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 41 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 76 mm
 直針先長 (Front length) : 39 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 19 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.9
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 17.6 g
 備考 (Note) :



製造元 (Manufacture) : PACIFIC FISHING
 TACKLE MFG., CO.
 釣針名 (Hook name) : CIRCLE HOOK
 規格 (Standardized size) : 18/0
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.1 mm
 直全長 (Straight total length) : 67 mm
 直全幅 (Straight total width) : 58 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 50 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 78 mm
 直針先長 (Front length) : 45 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 24 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
 オフセット幅 (Offset width; d) : —
 重量 (Weight) : 22.9 g
 備考 (Note) : 韓国 (Korea)



製造元 (Manufacture) : PACIFIC FISHING
TACKLE MFG., CO.

釣針名 (Hook name) : CIRCLE HOOK

規格 (Standardized size) : 18/0

材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)

ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付

くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.1 mm

直全長 (Straight total length) : 68 mm

直全幅 (Straight total width) : 59 mm

最小全幅 (Minimum total width) : 51 mm

最大全幅 (Maximum total width) : 80 mm

直針先長 (Front length) : 45 mm

最小内幅 (Minimum inner width) : 27 mm

直縦横比 (L-W ratio) : 1.2

最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6

ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 80°

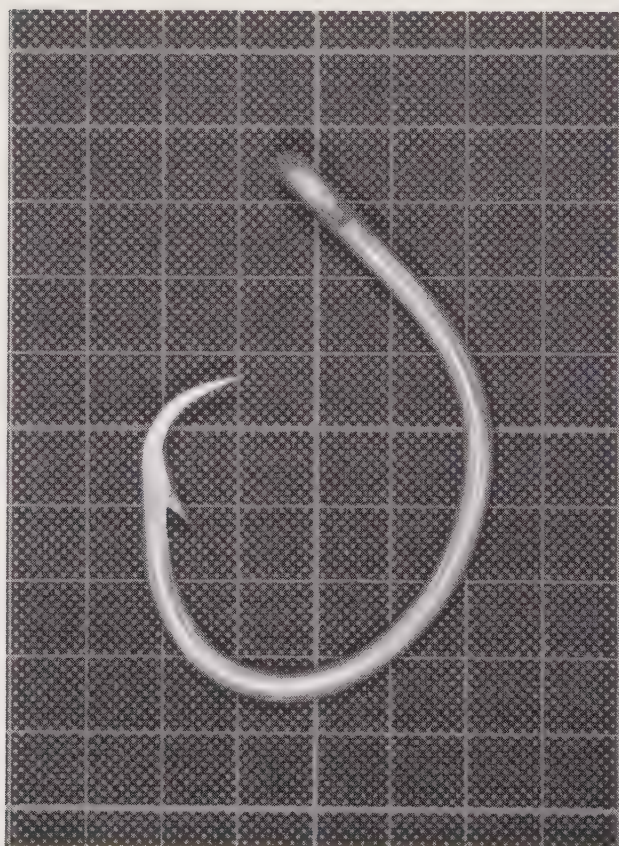
さき(軸)の左右曲げ形状: ひねり (Reversed)

オフセット角度 (Offset angle) : $10^\circ \leq \theta < 15^\circ$

オフセット幅 (Offset width; d) : 5.4 mm

重量 (Weight) : 23.2 g

備考 (Note) : 韓国 (Korea)



製造元 (Manufacture) : O. Mustad and Son A. S.

釣針名 (Hook name) : Mustad Circle Hook

規格 (Standardized size) : 16/0

材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)

ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)

くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.0 mm

直全長 (Straight total length) : 59 mm

直全幅 (Straight total width) : 56 mm

最小全幅 (Minimum total width) : 46 mm

最大全幅 (Maximum total width) : 72 mm

直針先長 (Front length) : 43 mm

最小内幅 (Minimum inner width) : 21 mm

直縦横比 (L-W ratio) : 1.1

最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6

ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°

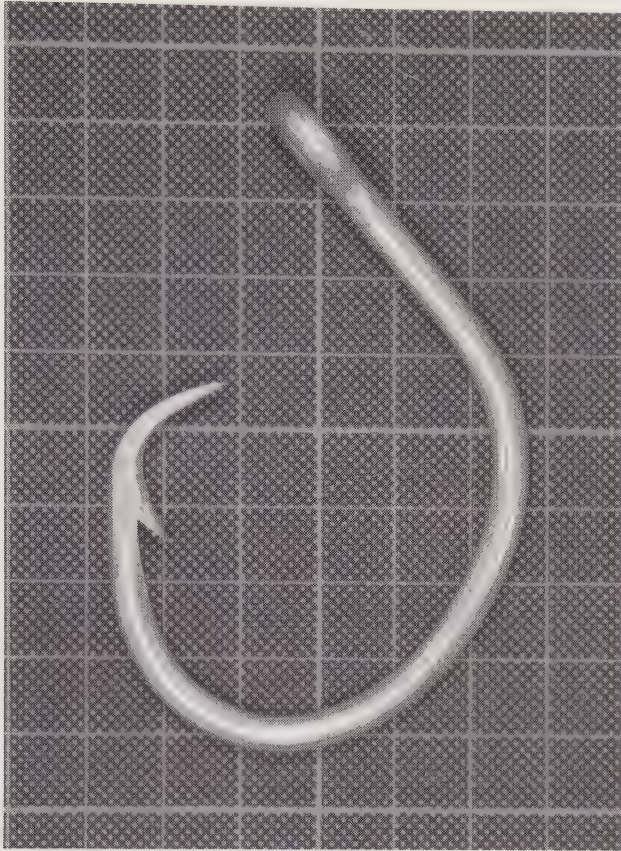
さき(軸)の左右曲げ形状: ストレート (Straight)

オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$

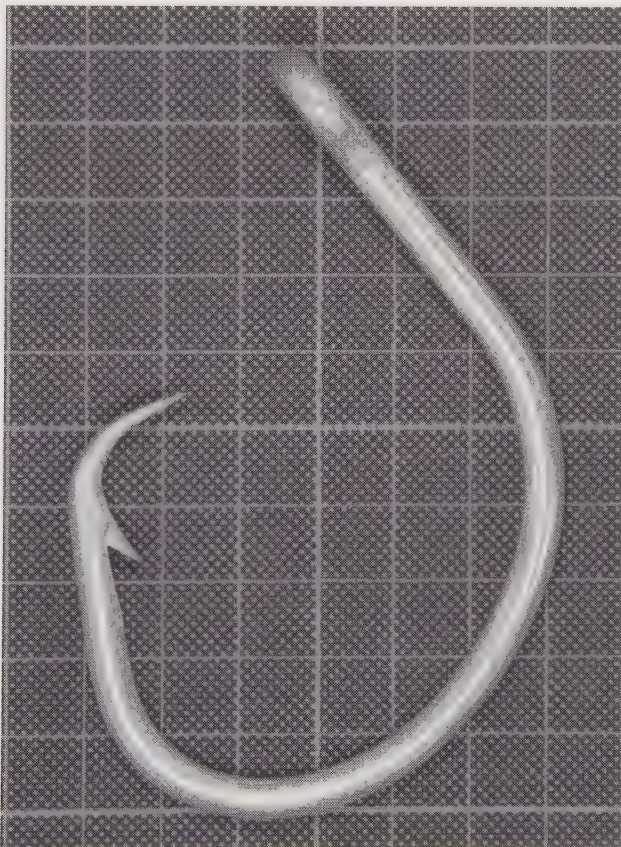
オフセット幅 (Offset width; d) : -

重量 (Weight) : 15.2 g

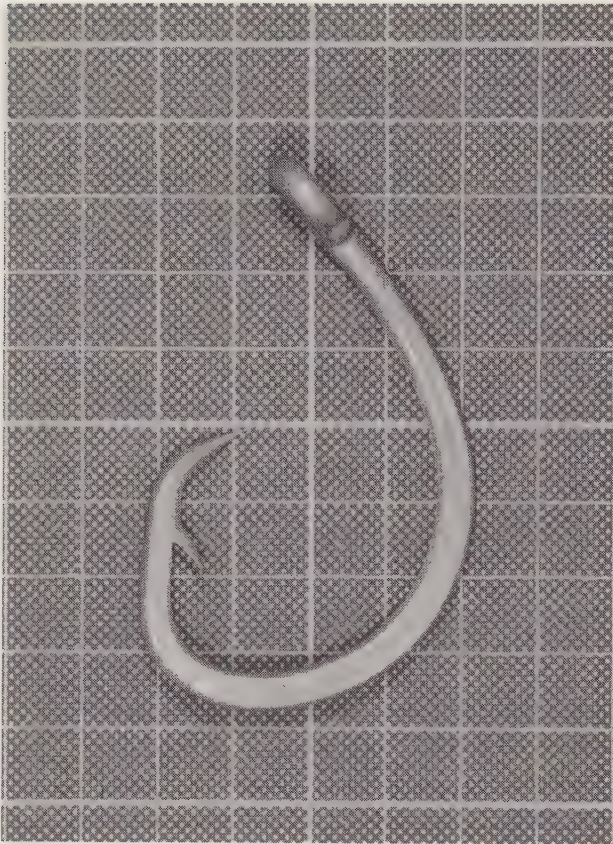
備考 (Note) :



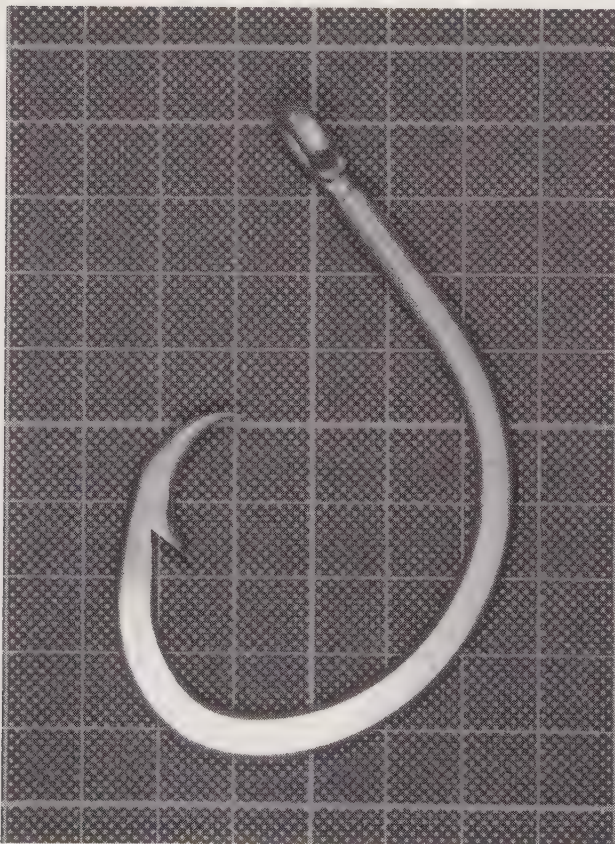
製造元 (Manufacture) : O. Mustad and Son A. S.
釣針名 (Hook name) : Mustad Circle Hook
規格 (Standardized size) : 18/0
材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.1 mm
直全長 (Straight total length) : 72 mm
直全幅 (Straight total width) : 64 mm
最小全幅 (Minimum total width) : 53 mm
最大全幅 (Maximum total width) : 85 mm
直針先長 (Front length) : 49 mm
最小内幅 (Minimum inner width) : 26 mm
直縦横比 (L-W ratio) : 1.1
最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
オフセット幅 (Offset width; d) : -
重量 (Weight) : 25.6 g
備考 (Note) :



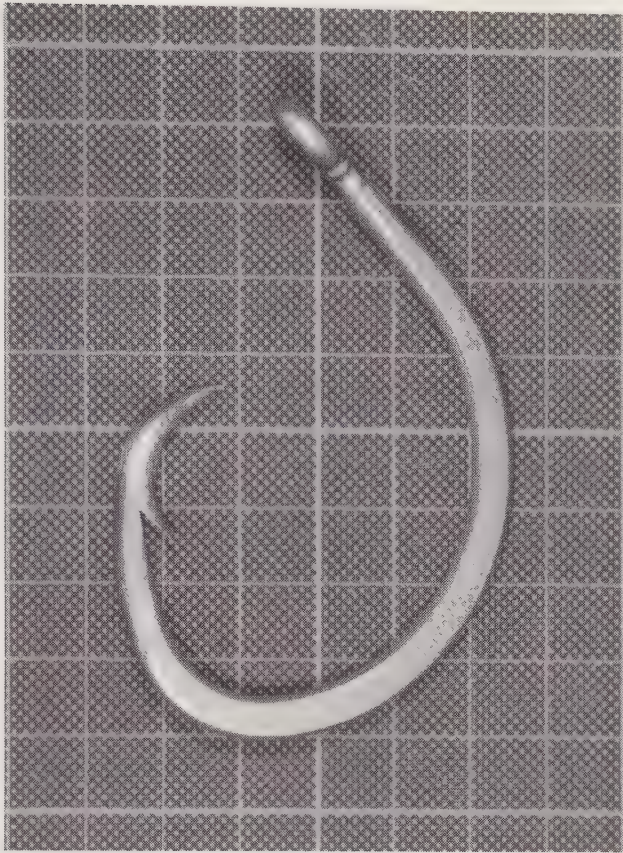
製造元 (Manufacture) : O. Mustad and Son A. S.
釣針名 (Hook name) : Mustad Circle Hook
規格 (Standardized size) : 20/0
材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.3 mm
直全長 (Straight total length) : 85 mm
直全幅 (Straight total width) : 75 mm
最小全幅 (Minimum total width) : 63 mm
最大全幅 (Maximum total width) : 100 mm
直針先長 (Front length) : 57 mm
最小内幅 (Minimum inner width) : 34 mm
直縦横比 (L-W ratio) : 1.1
最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 70°
さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^\circ$
オフセット幅 (Offset width; d) : -
重量 (Weight) : 36.5 g
備考 (Note) :



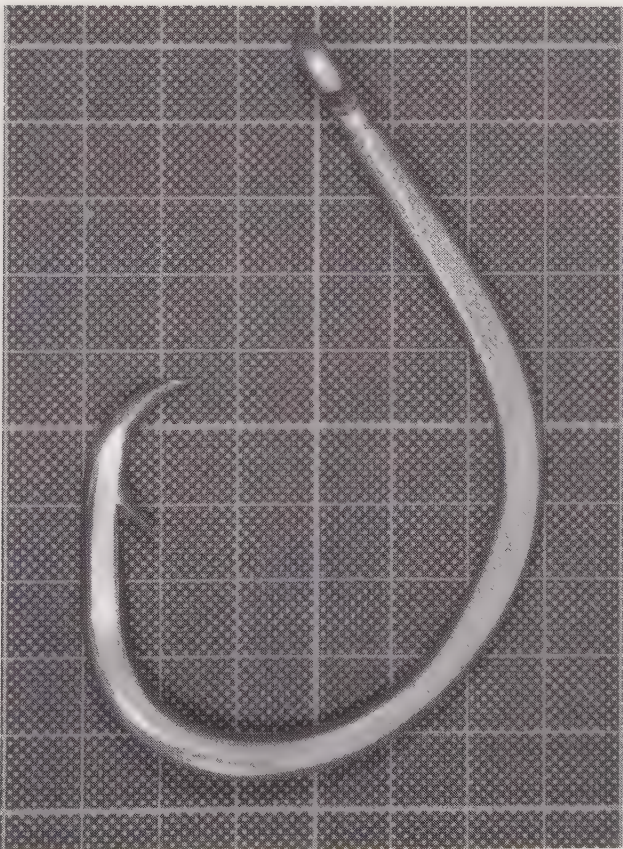
製造元 (Manufacture) : 不明 (Unknown)
 釣針名 (Hook name) : 不明 (Unknown)
 規格 (Standardized size) : 不明 (Unknown)
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.3 mm
 直全長 (Straight total length) : 61 mm
 直全幅 (Straight total width) : 55 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 42 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 72 mm
 直針先長 (Front length) : 37 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 22 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.1
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.7
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 65°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ひねり (Reversed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 2.7 mm
 重量 (Weight) : 17.5 g
 備考 (Note) : メッキ加工無。米国提供。韓国製
 (From U.S. Scientist. Made in Korea)



製造元 (Manufacture) : 不明 (Unknown)
 釣針名 (Hook name) : 不明 (Unknown)
 規格 (Standardized size) : 18/0
 材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.9 mm
 直全長 (Straight total length) : 74 mm
 直全幅 (Straight total width) : 64 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 50 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 86 mm
 直針先長 (Front length) : 45 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 25 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.7
 ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 100°
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 0^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : -
 重量 (Weight) : 25.2 g
 備考 (Note) : 米国提供 (From U.S. Scientist)

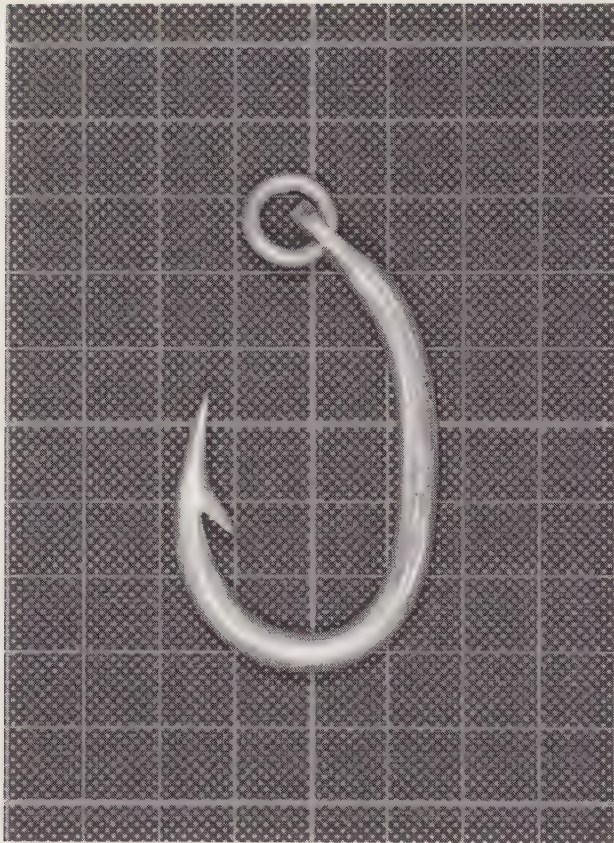


製造元 (Manufacture) : 不明 (Unknown)
釣針名 (Hook name) : 不明 (Unknown)
規格 (Standardized size) : 18/0
材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
くき部分針金太さ (Shank thickness) : 4.9 mm
直全長 (Straight total length) : 70 mm
直全幅 (Straight total width) : 64 mm
最小全幅 (Minimum total width) : 51 mm
最大全幅 (Maximum total width) : 83 mm
直針先長 (Front length) : 47 mm
最小内幅 (Minimum inner width) : 28 mm
直縦横比 (L-W ratio) : 1.1
最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
さき (軸) の左右曲げ形状 : ひねり (Reversed)
オフセット角度 (Offset angle) : $10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$
オフセット幅 (Offset width; d) : 3.3 mm
重量 (Weight) : 24.9 g
備考 (Note) : 米国提供 (From U.S. Scientist)

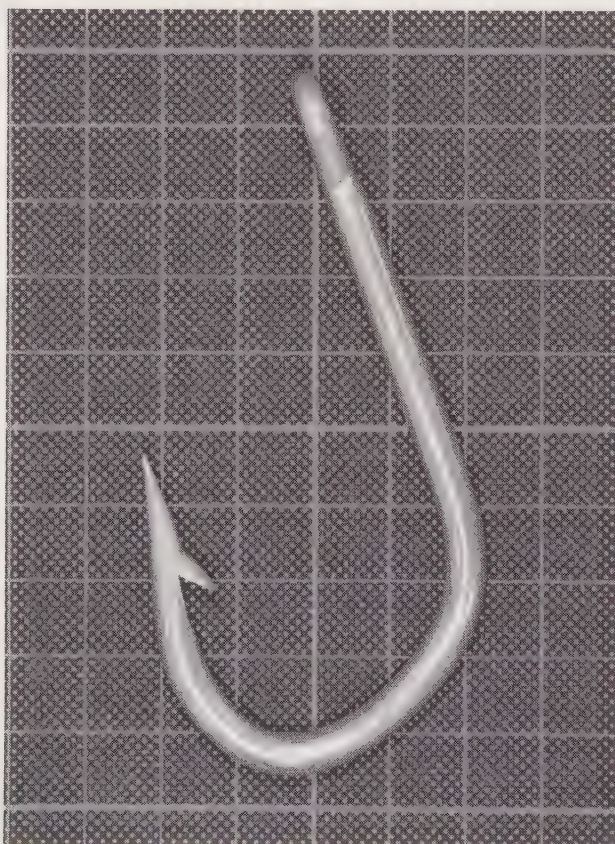


製造元 (Manufacture) : 不明 (Unknown)
釣針名 (Hook name) : 不明 (Unknown)
規格 (Standardized size) : 20/0
材質 (Material) : ステンレス (Stainless steel)
ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.4 mm
直全長 (Straight total length) : 83 mm
直全幅 (Straight total width) : 70 mm
最小全幅 (Minimum total width) : 59 mm
最大全幅 (Maximum total width) : 97 mm
直針先長 (Front length) : 52 mm
最小内幅 (Minimum inner width) : 32 mm
直縦横比 (L-W ratio) : 1.2
最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.6
ネムリ角 (Incurved point angle) : 約 75°
さき (軸) の左右曲げ形状 : ひねり (Reversed)
オフセット角度 (Offset angle) : $\theta \approx 15^{\circ}$
オフセット幅 (Offset width; d) : 6.3 mm
重量 (Weight) : 33.2 g
備考 (Note) : 米国提供 (From U.S. Scientist)

一般的なまぐろ釣針の例



製造元 (Manufacture) : (株) 小松啓作商会
 釣針名 (Hook name) : 遠洋鮪縄釣針
 規格 (Standardized size) : 3.8 寸
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 穴明(Hole), 丸環付
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.3 mm
 直全長 (Straight total length) : 61 mm
 直全幅 (Straight total width) : 35 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 34 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 61 mm
 直針先長 (Front length) : 36 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 23 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.7
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 1.8
 ネムリ角 (Incurved point angle) : -
 さき (軸) の左右曲げ形状 : かねり (Kirbed)
 オフセット角度 (Offset angle) : $10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$
 オフセット幅 (Offset width; d) : 1.0 mm
 重量 (Weight) : 18.4 g
 備考 (Note) : Tuna hook



製造元 (Manufacture) : 不明 (Unknown)
 釣針名 (Hook name) : 不明 (Unknown)
 規格 (Standardized size) : 不明 (Unknown)
 材質 (Material) : 硬鋼 (Carbon steel)
 ちもと (Hook eye) : 環付 (Ring)
 くき部分針金太さ (Shank thickness) : 5.4 mm
 直全長 (Straight total length) : 87 mm
 直全幅 (Straight total width) : 46 mm
 最小全幅 (Minimum total width) : 44 mm
 最大全幅 (Maximum total width) : 92 mm
 直針先長 (Front length) : 44 mm
 最小内幅 (Minimum inner width) : 34 mm
 直縦横比 (L-W ratio) : 1.9
 最大最小幅比 (Max-Min ratio) : 2.1
 ネムリ角 (Incurved point angle) : -
 さき (軸) の左右曲げ形状 : ストレート (Straight)
 オフセット角度 (Offset angle) : -
 オフセット幅 (Offset width; d) : -
 重量 (Weight) : 25.9 g
 備考 (Note) : J フック (J-hook)

和文要旨

103

足摺岬周辺海域及び伊豆諸島海域で実施した標識放流調査によるゴマサバの移動・回遊

梨田 一也 (中央水産研究所 高知黒潮研究拠点)
本多 仁 (水産総合研究センター本部)
阪地 英男 (中央水産研究所 高知黒潮研究拠点)
三谷 卓美 (中央水産研究所)
平井 一行 (静岡県農業水産部)
上原 伸二 (東北区水産研究所)

日本周辺の太平洋側海域におけるゴマサバの移動・回遊を明らかにするために、足摺岬周辺及び伊豆諸島海域において、1999年2月から2003年11月にかけて6放流群、9,268尾のゴマサバにスパゲティ型の通常標識を装着放流した。2005年5月までに83尾の標識魚の再捕報告があり、再捕率は総計で0.9%であった。多くの再捕魚は放流海域周辺で再捕されたが、一部は三陸沖などの放流海域から遠く離れた海域で再捕された。これらの遠距離再捕情報から、索餌期には放流海域の東方ないしは北方に移動・回遊することが明らかになった。再捕魚の中には、放流後1年以上経過した後も放流海域近傍で再捕されるものもあった。さらに、遠州灘で放流された個体が3ヶ月後(産卵盛期に相当)と約2年後に足摺岬沖で再捕されたことから、両海域で群れの交流がある可能性が示された。以上の結果から、足摺岬周辺海域から伊豆諸島周辺海域のゴマサバは索餌期に東方(足摺岬放流群)ないしは北方(伊豆諸島周辺海域放流群)へ移動・回遊すること、冬期にはそれぞれ越冬場へ南下あるいは黒潮上流域へ移動する個体が存在すること、さらに産卵期には黒潮の上流域の産卵場へ移動・回遊するものがあることが明らかになった。

No.17, 1-15 (2006)

マクロベントス(イソゴカイとシズクガイ)がアレキサンドリウムシストの鉛直分布と発芽に及ぼす影響

辻野 睦 (瀬戸内海区水産研究所)

マクロベントスの活動が海底のアレキサンドリウム属シストの鉛直分布および発芽へ及ぼす影響を実験的に検討した。イソゴカイ及びシズクガイは摂食、排泄および移動等を通じて、表層のシストを鉛直的に運搬することが明らかとなった。しかし、表層のシストは、下層への運搬で説明される以上に著しく減少した。また、イソゴカイおよびシズクガイ飼育泥から直上水中に発芽した累積遊泳細胞数は、対照泥のそれに対し有意に少なかった。その原因はイソゴカイおよびシズクガイの活動によって、表層のシストが下層に運ばれる

ことに加え、摂食、排泄によるシストの糞粒内への包埋やシスト数の減少によると考えられた。以上のことから、イソゴカイやシズクガイの表層堆積物食者は、シスト消化に加えて、底泥表層に堆積したシストの下層部への運搬や糞粒内への包埋によって、シスト数の低減効果や発芽抑制効果を持つことが示された。

No.17, 17-22 (2006)

水産業活力指標の構築と本指標を用いた我が国水産業の動向分析および地域活性化方策の検討

玉置 泰司 (中央水産研究所)

大谷 誠 (中央水産研究所)

水産業の経済性、生産性、発展性、背後条件をあらわす16指標(漁業センサスデータ)から、主成分分析と偏差値の計算等に基づく「水産業活力指標」を新たに構築し、時系列比較や地域間比較等により水産業の動向を分析した。次に、「水産業活力指標」による活力診断の方法を構築し、活力診断と連動した活性化方策を提示する手順を示した。診断と方策の提示については、実態との整合性を調査対象地域において検証した。

No.17, 23-36 (2006)

五ヶ所湾マダイおよびアコヤガイ養殖場におけるプランクトン群集構造の季節遷移

平川 和正 (北海道区水産研究所)

坂見 知子 (養殖研究所)

阿保 勝之 (養殖研究所)

高柳 和史 (西海区水産研究所)

谷村 篤 (三重大学 生物資源学部)

2000年5月からほぼ1年間にわたる毎月の野外採集調査により、三重県五ヶ所湾のマダイおよびアコヤガイ養殖場におけるプランクトン群集(植物プランクトン、微小動物プランクトン、メソ動物プランクトン)構造の季節遷移を明らかにした。また、主要カイアシ類 *Oithona davisae* と絨毛虫類等との相互関係から、夏季のプランクトン食物連鎖のうち、微生物食物連鎖はマダイ養殖場における *O. davisae* 個体群の増加をもたらすうえで重要な役割を果たしていることが想定された。

No.17, 37-55 (2006)

三宅島火山灰がフクトコブシの行動と生残に及ぼす影響の飼育実験による評価

青野 英明 (中央水産研究所 横須賀庁舎)
丹羽健太郎 (中央水産研究所 横須賀庁舎)
堀井 豊充 (中央水産研究所 横須賀庁舎)
黒木 洋明 (中央水産研究所 横須賀庁舎)

三宅島雄山の噴火に伴う海域への降灰が水産生物に及ぼす影響を調べるため、火山灰がフクトコブシ *Haliotis diversicolor diversicolor* の行動と生残に及ぼす影響を飼育条件下で調べた。その結果、フクトコブシを入れたビーカーに直接火山灰を投入した場合は、ほとんどの個体が上方への回避をみせた。幾つかの個体はビーカー内側面から剥離し堆積した灰の中に落ち、150 g/L (堆積灰厚約14mm) 以上の火山灰の投入により1/3以上の個体が48時間以内に死亡した。死んだ個体の外套腔や鰓には火山灰粒子が蓄積していた。

No.17, 57-62 (2006)

西部太平洋におけるウルメイワシ卵の発生過程

上原 伸二 (東北区水産研究所)
三谷 卓美 (中央水産研究所)

土佐湾で採集したウルメイワシ *Etrumeus teres* の人工授精卵を20.0℃の水温条件で飼育し、孵化までの発生過程を時間情報とともに記載した。胞胚初期には受精後4.3時間で達した。受精後15.1時間で胚盤葉の被覆が卵黄の半分を越え、21.9時間で原口が閉鎖した。受精後64.2時間で孵化が始まった。

No.17, 63-67 (2006)

深海生物採集用大型桁網 (Beni-Zuwai 1号) の開発

廣瀬 太郎 (日本海区水産研究所)
養松 郁子 (日本海区水産研究所)
白井 滋 (日本海区水産研究所)
南 卓志 (日本海区水産研究所)
丹生 孝道 (兵庫県立香住高校)

水深1000mを超える深海においても、オッタートロールよりも短いワープ長で安定した曳網ができ、分布調査として十分な採集量を確保できる生物用採集器具を目指し、桁網を開発した。実際の調査に用いたところ、桁網は深海でも安定した曳網が可能であった。また、大型個体に関してはトロールと同等の採集能力を持ち、さらに小型個体も多く採集できることから、生活史を通した分布、生態調査に使用可能であると考えた。

No.17, 69-82 (2006)

浮延縄漁業で利用可能なサークルフック (ねむり釣針) の形状比較に向けた測定部位に関する検討

横田 耕介 (日本エヌ・ユー・エス株式会社)
南 浩史 (遠洋水産研究所)
清田 雅史 (遠洋水産研究所)

浮延縄においてサークルフック (ねむり釣針) の使用は、海亀類の死亡・混獲削減に有効な措置とされているが、サークルフックには様々な形状や大きさのものがある。サークルフックの効果・影響は、そうした形状や大きさ等に依存すると考えられる。本報告では、様々な種類のサークルフックの形状を把握し、それらの効果を定量的に知る上で必要となる釣針の各測定部位の定義及びその測定法について検討した。

No.17, 83-102 (2006)

水産総合研究センター研究報告

Bulletin of Fisheries Research Agency

編集委員会

編集委員長 玉井恭一

編集委員 松尾 豊, 武内智行, 馬場徳寿, 入江隆彦, 魚住雄二, 内田卓志,
石田行正, 北川大二, 杜多 哲

平成18年 7 月31日 発行

発行所 独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3 クィーンズタワー B 15階

Fisheries Research Agency

Queen's Tower B 15F, 2-3-3, Minato mirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa.

220-6115 Japan

<http://www.fra.affrc.go.jp>

発行者 川口恭一

印刷所 日昇印刷株式会社

ISSN 1346-9894

BULLETIN OF FISHERIES RESEARCH AGENCY

No. **17**
July 2006

Bull.Fish.Res.Agen.

CONTENTS

Original Paper

- Migration of spotted mackerel *Scomber australasicus* estimated from a tagging experiment off Ashizuri Cape and around the Izu Islands, central and southern Pacific coast of Japan
Kazuya NASHIDA, Hitoshi HONDA, Hideo SAKAJI, Takumi MITANI, Kazuyuki HIRAI and Shinji UEHARA 1

- Influence on the vertical distribution and germination of *Alexandrium* spp. cysts by macrobenthic organisms [*Perinereis nuntia* (Polychaeta) and *Theora fragilis* (Mollusca)]
Mutsumi TSUJINO 17

- Design of a fisheries vitality index and application for trend analysis of fisheries vitality and revitalization of fishing communities in Japan
Yasuji TAMAKI and Makoto OHTANI 23

- Seasonal succession of plankton community structure in fish and pearl oyster farms of Gokasho Bay, Mie Prefecture, Japan
Kazumasa HIRAKAWA, Tomoko SAKAMI, Katsuyuki ABO, Kazufumi TAKAYANAGI and Atsushi TANIMURA 37

- Effects of volcanic ashes of Miyake Island on the behaviour and survival of the small abalone, *Haliotis diversicolor diversicolor*, under culture conditions
Hideaki AONO, Kentaro NIWA, Toyomitsu HORII and Hiroaki KUROGI 57

Short Paper

- Artificial fertilization and time course observations of embryonic development of round herring, *Etrumeus teres*, off the Pacific coast of Japan
Shinji UEHARA and Takumi MITANI 63

Technical Report

- Development of a large-sized sledge net 'Beni-Zuwai type 1' for deep sea research
Taro HIROSE, Ikuko YOSHO, Shigeru SHIRAI, Takashi MINAMI and Kodo NIU 69

- Measurement-points examination of circle hooks for pelagic longline fishery to evaluate effects of hook design
Kosuke YOKOTA, Hiroshi MINAMI and Masashi KIYOTA 83

- Abstracts (JAPANESE)** 103